



Lutfi Adnan Muzamil, S. Pd.

S T U D I
FALAK
— DAN —
TRIGONOMETRI

Cara Cepat dan Praktis Memahami Trigonometri dalam Ilmu Falak

Pengantar:

Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M. Ag.

Kasubdit Pembinaan Syari'ah & Hisab Rukyat Kementerian Agama RI &
Ketua Asosiasi Dosen Ilmu Falak Indonesia.

STUDI FALAK DAN TRIGONOMETRI

Cara Cepat dan Praktis Memahami Trigonometri dalam Ilmu Falak

Penulis:

Lutfi Adnan Muzamil, S. Pd.



STUDI FALAK DAN TRIGONOMETRI

Cara Cepat dan Praktis Memahami Trigonometri dalam Ilmu Falak

Lutfi Adnan Muzamil, S. Pd.

Copyright © Pustaka Ilmu, 2015

xiv+ ... halaman; 14x21 cm

1. Ilmu Falak 2. Trigonometri
3. Hisab 4. Qomariyah

ISBN: 978-602-7853-61-4

Editor: Muhammad Mulyono, Lc.

Pemeriksa Aksara: Anjar S.

Perancang Sampul: Nur Afandi

Pewajah Isi: Tim Pustaka Ilmu

Penerbit:

Pustaka Ilmu

Jl. Wonosari KM. 6.5 No. 243

Kalangan Yogyakarta

Telp/Faks: (0274) 4435538

Layanan SMS: 081578797497

e-mail: redaksipustakailmu@gmail.com

website: www.pustakailmu-online.com

Anggota IKAPI

Cetakan I, Februari 2015

Penerbit dan Distribusi:

CV. Pustaka Ilmu Group

Jl. Wonosari KM. 6.5 No. 243 Kalangan Yogyakarta

Telp/Faks: (0274) 4435538

e-mail: pustakailmugroup@gmail.com

website: www.pustakailmu-online.com

© Hak Cipta dilindungi Undang-undang

All Rights reserved

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apa pun tanpa izin tertulis dari Penerbit Pustaka Ilmu Yogyakarta



PENGANTAR REDAKSI

Ilmu Falak, astronomi, dan trigonometri merupakan ilmu yang jarang di kaji, terutama tentang persoalan-persoalan trigonometri yang saat ini sangat di butuhkan bagi perkembangan ilmu penelitian studi falak. Saat ini paradigma ilmu falak sebagai ilmu yang sulit dan perlu kajian praktik di lapangan, seperti praktik hisab, hilal, rukyat, pengukuran arah kiblat, penentuan waktu shalat, perhitungan awal bulan *qomariyah* atau yang disebut dengan trigonometri dan seterusnya yang terus berkembang dalam studi ilmu falak, khususnya di Indonesia.

Beberapa buku yang beredar di pasar, sudah semakin banyak dijumpai buku-buku falak, tetapi yang membahas secara spesifik tentang *fiqh* ilmu falak dan trigonometri masih jarang di bahas dan dikaji secara spesifik dan praktis dalam cara memahami trigonometri. Buku ini hadir sebagai bentuk kontribusi keilmuan dalam rangka memberikan cara praktis dan ilmiah terkait dengan cara cepat dan praktis dalam memahami trigonometri yang selama ini masih agak jarang di jumpai.

Buku ini, layak di baca dan di jadikan sebagai bahan rujukan, baik bagi mahasiswa, praktisi falak, peneliti, pendidik, dosen, dan para pemerhati ilmu falak secara umum. Semoga buku ini dapat di terima oleh semua kalangan dan dapat menjadi kontribusi tersendiri bagi pengembangan keilmuan studi falak (*falak studies*) di Indonesia.

Redaksi

Pustaka Ilmu



KATA PENGANTAR: **Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M. Ag.**

*(Kasubdit Pembinaan Syari'ah & Hisab Rukyat
Kementerian Agama RI
dan Ketua Asosiasi Dosen Ilmu Falak Indonesia)*

Ilmu Falak merupakan ilmu yang jarang dikuasai oleh orang-orang. Hal ini merupakan imbas dari paradigma bahwa ilmu Falak adalah ilmu yang sulit untuk dipelajari dan dipahami. Sesungguhnya permasalahan mendasar tersebut dapat diatasi, tergantung bagaimana orang itu memiliki jiwa semangat dan serius dalam memperdalam ilmu Falak serta membuang jauh-jauh paradigma ilmu Falak itu Sulit.

Ditambah saat ini, sudah semakin banyak dijumpai buku-buku Falak praktis yang menjelaskan pembahasan pokok ilmu Falak, yakni Pertama, penentuan arah kiblat (*Azimuth*) dan bayangan arah kiblat (*Rashdul Kiblat*). Kedua, penentuan awal waktu shalat. Ketiga, penentuan awal bulan (khususnya bulan Qamariyah atau Hijriyah), yakni menghitung kapan terjadinya *Ijtimak* (konjungsi), yakni di mana posisi Matahari dan Bulan berada satu bujur astronomi serta menghitung posisi Bulan tanggal satu (hilal) ketika Matahari terbenam pada hari terjadinya konjungsi tersebut. Dan keempat, menjelaskan pembahasan penentuan gerhana baik gerhana Matahari maupun gerhana Bulan.

Selanjutnya, secara praktis bahwa hisab awal bulan Qamariyah sistem Ephemeris terangkum dalam tiga langkah yang harus ditempuh dalam praktiknya. Pertama, menghitung perkiraan akhir bulan. Kedua, mencari saat Ijtimak akhir bulan tersebut. Ketiga, Menghitung posisi dan keadaan Hilal akhir bulan tersebut.

Semakin hari semakin banyak bermunculan buku-buku Falak yang sengaja disajikan, baik menjelaskan perhitungan awal bulan Qamariyah, Perhitungan gerhana, perhitungan arah kiblat, maupun perhitungan awal masuk waktu shalat secara praktis dan mudah untuk dipahami. Harapannya paradigma bahwa “ilmu Falak itu sulit” dapat hilang. Namun, diakui bersama disajikannya perhitungan secara praktis tanpa mengetahui asal muasal rumus yang digunakan, dapat menimbulkan permasalahan baru. Lebih-lebih bagi para pegiat ilmu Falak secara umum maupun mahasiswa Falak. Oleh karena itu, kehadiran buku ini merupakan keniscayaan besar sebagai jawaban/ solusi bagi permasalahan baru itu.

Buku yang berjudul *Studi Ilmu Falak dan Trigonometri: Cara Cepat dan Praktis Memahami Trigonometri dalam Ilmu Falak* yang ada di tangan anda ini merupakan hasil penelitian ilmiah penulis, yang mana buku ini memiliki gaya bahasa ringan untuk dipahami oleh pembaca. Asal muasal rumus trigonometri baik pada rumus menghitung Sudut, Azimuth, maupun Tinggi benda langit diuraikan satu persatu dengan memaparkan tahapan-tahapannya secara jelas. Di bagian lampiran buku ini diberikan contoh praktis perhitungan awal bulan Qamariyah sebagai tambahan penjelasan tentang cara praktis menghisab awal bulan Qamariyah. Sehingga, memiliki buku ini adalah pilihan tepat bagi para pecinta dan pegiat Falak secara umum maupun Mahasiswa Falak khususnya.

Semarang, Januari 2015

Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M. Ag.



PENGANTAR PENULIS

Dalam sebuah ungkapan pepatah ilmu pengetahuan dikatakan “*Mathematics is the queen as well as the servant of all sciences*” (Matematika adalah ratu sekaligus pelayan semua ilmu pengetahuan). Ungkapan tersebut merupakan bukti bahwa manfaat aplikasi matematika dapat menjadi pelayan (baca: mendukung) perkembangan setiap ilmu pengetahuan yang diperlukan oleh kaum manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya.

Ada banyak contoh yang dapat memberikan gambaran tentang manfaat aplikasi matematika. Salah satunya dalam bidang ilmu Falak, matematika memiliki andil yang cukup besar. Sebab, matematika yang identik dengan konsep perhitungannya dapat memberikan terobosan formula-formula baru pada bidang ilmu Falak dan terbukti lebih mampu mempermudah dan memperakurat hasil perhitungan.

Pada dasarnya, pokok bahasan dalam ilmu Falak adalah penentuan waktu dan posisi benda langit (Matahari dan Bulan) yang diasumsikan memiliki keterkaitan dengan pelaksanaan ibadah umat Islam (*hablun mina Allah*).

Bercermin dari dasar pokok bahasan ilmu Falak tersebut, ilmu Falak dibedakan lagi menjadi; Pertama, penentuan arah kiblat (*Azimuth*) dan bayangan arah kiblat (*Rashdul Kiblat*). Kedua, penentuan awal waktu shalat. Ketiga, penentuan awal bulan (khususnya bulan Qamariyah atau Hijriyah), yakni menghitung kapan terjadinya *Ijtimak* (konjungsi), yakni di mana posisi Matahari dan Bulan berada satu bujur astronomi serta menghitung posisi Bulan tanggal satu (hilal) ketika Matahari terbenam pada hari terjadinya konjungsi tersebut. Keempat, penentuan gerhana baik gerhana Matahari maupun gerhana Bulan.

Bahwa hisab awal bulan Qamariyah sistem Ephemeris terangkum dalam tiga langkah yang harus ditempuh dalam praktiknya. Pertama, menghitung perkiraan akhir bulan. Kedua, mencari saat Ijtimak akhir bulan tersebut. Ketiga, Menghitung posisi dan keadaan Hilal akhir bulan tersebut.

Adapun Trigonometri merupakan subbab dalam ilmu matematika yang memiliki banyak manfaat dalam kehidupan manusia. Pada perkembangannya selama hampir 2000 tahun trigonometri banyak digunakan dalam bidang-bidang astronomi, navigasi, dan penyelidikan-penyelidikan lainnya. Pada saat ini trigonometri bukan hanya studi tentang segitiga dan sudut-sudut, tetapi juga merupakan cabang dari matematika modern yang membahas tentang sirkulasi dan fungsinya.

Pada abad ke-21 ini matematika telah menjadi alat untuk penemuan prinsip sains baru; penciptaan komputer, pengarahan lalu lintas dan komunikasi; penggunaan energi atom; penemuan biji tambang baru; peramalan pertumbuhan penduduk; penemuan mesin baru; pengembangan strategi permainan; pembuatan vaksin dan obar baru; navigasi angkasa luar; peramalan cuaca; dan dengan matematikalah, para astronom bisa mengukur jarak planet satu ke planet lainnya.

Buku ini merupakan hasil penelitian penulis yang menggunakan

metode analisis induktif eksploratori, penulis akan lebih mengarah kepada penganalisisan rumus trigonometri matematika yang digunakan maupun bagaimana cara memperoleh dan penerapannya pada ilmu Falak, yakni pada teori penentuan awal bulan Qamariyah. Yang selama ini, banyak para pegiat Falak maupun mahasiswa Falak hanya mengetahui secara praktis trigonometri yang digunakan, belum sampai ke tahap pembahasan seluk-beluk trigonometri dalam teori tersebut.

Berangkat dari alasan tersebut, penulis melakukan penelitian dan menyajikannya dalam sebuah buku dengan judul *Studi Falak dan Trigonometri: Cara Cepat dan Praktis Memahami Trigonometri dalam Ilmu Falak*. Harapannya buku ini dapat memberikan gambaran secara jelas tentang asal muasal rumus trigonometri khususnya yang digunakan dalam teori hisab penentuan awal bulan qamariyah. Disamping itu, buku ini dapat menjadi rujukkan dan referensi untuk memperdalam ilmu falak, khususnya tentang hisab awal bulan Qamariyah.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Minhayati Saleh, S. Si., M. Sc., yang setia membimbing penelitian ini. Terimakasih kepada bapak-ibu penguji Hj. Nur Khasanah, S. Pd., M. Kes., Saminanto, S. Pd. m. Sc., Hj. Lulu Choirunnisa, S. Si., M. Pd. yang meluluskan penulis dalam sidang Munaqasah (skripsi) dengan nilai 3,8. Semoga ilmu yang penulis dapatkan dari PT IAIN Walisongo Semarang bisa bermanfaat. Dan akhirnya penelitian skripsi saya dapat menjadi buku.

Proses pembuatan buku ini tak akan pernah terwujud tanpa adanya Masukan dan saran bapak yai Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M. Ag. sebagai pengasuh Life Skill PPDN Semarang sekaligus “orang tua” penulis yang selalu membimbing untuk sholeh, sukses & selamat dunia akhirat. Terimakasih kepada ibu yai Aisah Andayani, S. Ag beserta anak-anaknya Neng Aliyya Saliima Izza, Neng Najwa Fariiha Izza, Gus Muhammad Farhan Najih Azizy, Neng Hananaa Sakhiyya

maksuma Izza, dan Neng Zahiida Hajja Baytika Izza yang memberi semangat menjalani aktivitas sehari-hari. Belum bisa penulis balas kebaikan pak kyai sekeluarga yang senantiasa membimbing sekaligus menjadi “orang tua” selama ini. Hanya lantunan doa yang selalu penulis selipkan. Semoga pak kyai sekeluarga diberi keberkahan hidup, kesabaran, kemudahan, kesuksesan, dan keselamatan dunia maupun akhirat.

Sembah bakti penulis kepada kedua orang tua, bapak Tarjuki dan ibu Fauziyah yang selalu mendoakan dan membimbing, mengasuh, mendidik penulis dengan sabar, ikhlas, semangat. Dari tiada hingga ada, dari kecil hingga dewasa. Sehingga akhirnya penulis bisa mencicipi dan menyelesaikan pendidikan S.1 sarjana Matematika dengan predikat *Cumlaude* (IPK 3,87). Sungguh terlalu banyak kebaikan yang bapak ibu berikan. Kasih sayang kalian sepanjang masa, tak mampu penulis balas dengan apapun. Hanya ada doa dan tekad penulis untuk senantiasa menjadi anak yang sholeh berbakti pada kedua orang tua. Semoga bapak ibu selalu diberi kekuatan Iman dan Islam. Kesehatan jasmani rohani.

Kepada adik pertama penulis, Muhammad Mulyono yang sedang studi Universitas Al-Ahqaf – Yaman per september 2013. Dalam kesibukan aktivitasnya tetap meluangkan waktu memberi saran, kritik bahkan nasehat kepada kakaknya walau lewat facebook atau whatsapp. Terimakasih adikku tercinta, engkaulah inspirasi mas. Semoga mas bisa studi ke luar negara. Amin. Tak ketinggalan mas berdoa untuk mu semoga menjadi manusia sholeh sukses dan manfaat.

Kepada adik kedua penulis, Fitri Mulya Sari yang studi Upper Secondary School di kota Jambi, terimakasih banyak telah mendoakan mas. Semoga adik menjadi anak sholehah, sukses, dan selamat. Terimakasih banyak kepada adik ketiga penulis, almarhumah Nurul Hidayah. Mohon maaf mas belum sempat memberi kebahagiaan adik secara utuh. Dan atas takdir yang maha kuasa kita berpisah di antara

dua alam yang berbeda. Hanya doa di setiap saat. Semoga adik mendapatkan tempat terbaik di sisi-Nya. Akhirnya, dalam ketawadhuan penulis memohon pada Allah SWT, Rabb semesta alam ampunilah dosa-dosa hamba sekeluarga. Mudahkanlah kami untuk menunaikan hak dan kewajiban *hablumminnas* dan *hablumminallah*. Jadikanlah kami sehat, kuat untuk bersyukur dan bersabar atas segala kenikmatan dan ujian hidup. Yang terakhir, wafatkanlah kami dalam keadaan khusnul khotimah. Amin Amin Amin.

Hanya doa *Jazakumullah Khoiron Katsiron Jazakumullah Ahsanal Jaza* kepada semua guru-guru, kyai-kyai penulis dari pendidikan RA, SMP, MTs, MA hingga PT. Jasa-jasa panjenengan tak akan pernah penulis lupakan. Penulis selalu mohon doa restu semoga menjadi manusia sholeh, sukses, selamat, dan manfaat bagi kehidupan dunia dan akhirat. amin

Selanjutnya terimakasih kepada Bapak H. Ciptono Hadi, S. E. Sekeluarga. Semoga bapak sekeluarga semakin barokah dalam hidupnya. Amin. Terimakasih pula kepada 3 sahabat penulis. Ya penulis sungguh terharu jika teringat kalian. Suatu saat penulis akan menuliskan kisah kehidupan kita berempat sebuah novel yang akan menjadi inspirasi bagi setiap orang yang membacanya. Kita berasal dari kota yang berbeda. Kita bertemu dan bersama-sama *nyantri* dan *ngabdi* kepada sang guru sekaligus sang kyai Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M. Ag. atas bimbingan dan arahannya kita bisa menyelesaikan studi dan selanjutnya berkarya di dunia kerja. Sahabat-sahabat penulis, Ahmad Munif, M. S. I. yang sudah menjadi sebagai Dosen STAI Indonesia Jakarta. Ahmad Susheri, S. Pd. yang berhasil menjadi wakil kepala sekolah SMP IT Ash-Shodiqiyyaah Semarang. Agus Sopar, S. Pd. I. yang berkarya sebagai guru pendidik di Pondok Pesantren SELAMAT Kendal. Namun, berbeda dengan penulis yang notabene sarjana pendidikan, justru penulis terjun dalam lembaga keagamaan, pegawai LPPOM MUI Jawa Tengah. Semoga semuanya barokah, sukses, selamat dunia akhirat aamiin.

Terimakasih kepada segenap santri Life Skill PPDN Beringin Ngaliyan Semarang yang telah membantu penulis mengumpulkan data-data dalam penelitian ini. Dan terimakasih pula kepada semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Sebuah doa dengan tulus ikhlas, semoga semua yang pernah berjasa bagi penulis selalu diberi balasan terbaik oleh Allah SWT. Harapan penulis, buku karya ilmiah ini bisa menarik untuk dibaca dan dipelajari, serta bermanfaat.

Dan buku merupakan kado spesial kepada Ibunda Fauziyah sebagai seorang ibu bagi penulis yang sangat tabah dan sayang, Ayahanda Tarjuki sebagai ayah bagi penulis yang sangat tegas dan disiplin dalam mendidik anak-anaknya. Buku ini juga kado spesial buat adik – adik penulis, Moh. Mulyono, Lc. Fitri Mulya Sari, & almh. Nurul Hidayah. Semoga keluarga kita menjadi manusia sholehah, sukses, selamat dunia akhirat. Kepada penerbit Pustaka Ilmu Yogyakarta, terimakasih telah bersedia menerbitkan buku ini, terimakasih atas jasa dan amalnya, semoga buku ini dapat diterima oleh khalayak umum.

Pada Akhirnya, tidak ada kata yang pantas penulis ucapkan melainkan kata maaf yang sebesar-besarnya. Penulis sadar buku ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun selalu penulis tunggu untuk perbaikan buku ini di kemudian hari. Semoga bermanfaat. Selamat Membaca!

Semarang, 2 Januari 2015/11 Rabiul Awwal 1436 H

Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR REDAKSI – iii

KATA PENGANTAR: – v

Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M. Ag.

*(Kasubdit Pembinaan Syari'ah & Hisab Rukyat Kementerian
Agama RI dan Ketua Asosiasi Dosen Ilmu Falak Indonesia)*

PENGANTAR PENULIS – ix

DAFTAR ISI – vx

BAGIAN I

PENDAHULUAN – 1

- A. Latar dan Lingkup Kajian – 1
- B. Peta Penelitian Terdahulu – 4
- C. Teori dan Metodologi – 7
- D. Sistematika Isi Buku – 12

BAGIAN II

ILMU FALAK DAN AWAL BULAN QAMARIYAH – 13

- A. Pengertian Ilmu Falak – 13
 - 1. Dasar Hukum Ilmu Falak – 14
 - 2. Bulan Baru Qamariyah – 17
 - 3. Metode Penentuan Awal Bulan Qamariyah – 24
- B. Menghisab Awal Bulan Qamariyah – 26

BAGIAN III

TRIGONOMETRI DAN AWAL BULAN QAMARIYAH – 33

- A. Pengertin Trigonometri – 33
 - 1. Aturan Trigonometri pada Segitiga datar – 35
 - 2. Aturan Trigonometri pada Segitiga Bola – 42
- B. Trigonometri dalam Penentuan Posisi dan Keadaan Hilal pada Formula Hisab Awal Bulan Qamariyah - 45

BAGIAN IV

KAJIAN TRIGONOMETRI PADA FORMULA HISAB AWAL BULAN QAMARIYAH – 49

- A. Dalil Al-Quran tentang Matematika – 50
- B. Kajian Trigonometri pada Formula Hisab Awal Bulan Qamariyah – 51
 - 1. Kajian Trigonometri pada Rumus Sudut Waktu Matahari – 52
 - 2. Kajian Trigonometri pada Rumus Azimuth Matahari – 54
 - 3. Kajian Trigonometri pada Rumus Tinggi Benda Langit – 56
 - 4. Kajian Trigonometri pada Rumus Azimuth Bulan – 57
- C. Kajian Trigonometri pada Segitiga Bola – 58
 - 1. Aturan Cosinus pada Segitiga bola – 58
 - 2. Aturan Sinus pada Segitiga bola – 62

BAGIAN V

MENGUNGKAP MISTERI TRIGONOMETRI DALAM FORMULA HISAB AWAL BULAN QAMARIYAH – 67

- A. Rumus Trigonometri dalam Menghitung Sudut Waktu Matahari – 68
- B. Rumus Trigonometri dalam Menghitung Azimuth Matahari – 72
- C. Aplikasi Rumus Trigonometri dalam Menghitung Tinggi Hilal Hakiki – 75
- D. Aplikasi Rumus Trigonometri dalam Menghitung Azimuth Bulan – 77
- E. Contoh Cara Praktis Menghisab Awal Bulan Qamariyah - 80
 - 1. Perkiraan Akhir Bulan – 80
 - 2. Ijtimak Akhir Bulan – 82
 - 3. Posisi dan Keadaan Hilal Akhir Bulan – 83

BAGIAN VI

PENUTUP – 91

DAFTAR PUSTAKA – 97

LAMPIRAN:

Contoh Praktis Menghisab Awal Bulan Qamariah – 101

Daftar Tabel – 109

Daftar Gambar – 110

Ddaftar Persamaan – 112

Istilah-Istilah Ilmu Falak – 114

Istilah-Istilah Ilmu Falak (Data Matahari dan data Bulan) – 117



BAGIAN I

PENDAHULUAN

A. Latar dan Lingkup Kajian

Dalam sebuah ungkapan pepatah ilmu pengetahuan matematika “*Mathematics is the queen as well as the servant of all sciences*” (Matematika adalah ratu sekaligus pelayan semua ilmu pengetahuan).¹ Ungkapan tersebut merupakan bukti bahwa manfaat aplikasi matematika dapat menjadi pelayan (baca: mendukung) perkembangan setiap ilmu pengetahuan yang diperlukan oleh kaum manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya.

Ada banyak contoh yang dapat memberikan gambaran tentang manfaat aplikasi matematika. Salah satunya dalam bidang ilmu Falak², matematika memiliki andil yang cukup besar. Sebab, matematika yang identik dengan konsep perhitungannya dapat memberikan

1 Frans Susilo, *Landasan Matematika*, (Yogyakarta: Graha Ilmu, 2012), hlm. v

2 Menurut Ahmad Izzuddin, “falak” berasal dari bahasa arab كَلَف yang mempunyai arti orbit atau perlintasan benda-benda langit (*madar al-nujum*), baca Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab – Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, Cet. Ke-1, 2012), hlm. 1

terobosan formula-formula baru pada bidang ilmu falak dan terbukti lebih mampu mempermudah dan memperakurat hasil perhitungan.

Pada dasarnya, pokok bahasan dalam ilmu Falak adalah penentuan waktu dan posisi benda langit (Matahari dan Bulan) yang diasumsikan memiliki keterkaitan dengan pelaksanaan ibadah umat Islam (*hablun mina Allah*). Bercermin dari dasar pokok bahasan ilmu Falak tersebut, ilmu Falak dibedakan lagi menjadi; Pertama, penentuan arah kiblat (*Azimuth*) dan bayangan arah kiblat (*Rashdul Kiblat*). Kedua, penentuan awal waktu shalat. Ketiga, penentuan awal bulan (khususnya bulan Qamariyah atau Hijriyah), yakni menghitung kapan terjadinya *Ijtimak* (konjungsi), yakni di mana posisi Matahari dan Bulan berada satu bujur astronomi serta menghitung posisi Bulan tanggal satu (hilal) ketika Matahari terbenam pada hari terjadinya konjungsi tersebut.³ Keempat, penentuan gerhana baik gerhana Matahari maupun gerhana Bulan.⁴

Terkait hisab awal bulan Qamariyah sistem Ephemeris terangkum dalam tiga langkah yang harus ditempuh dalam praktiknya. Pertama, menghitung perkiraan akhir bulan. Kedua, mencari saat *Ijtimak* akhir bulan tersebut. Ketiga, Menghitung posisi dan keadaan Hilal akhir bulan tersebut.⁵

Trigonometri merupakan subbab dalam ilmu matematika yang memiliki banyak manfaat dalam kehidupan manusia. Pada perkembangannya selama hampir 2000 tahun trigonometri banyak digunakan dalam bidang-bidang astronomi, navigasi, dan penyelidikan-penyelidikan lainnya. Pada saat ini trigonometri bukan hanya studi tentang segitiga dan sudut-sudut, tetapi juga merupakan cabang dari matematika modern yang membahas tentang sirkulasi dan fun-

3 Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab – Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, Cet. Ke-1, 2012), hlm. 3

4 Baca Ahmad Izzuddin, *Fiqh Hisab Rukyah di Indonesia*, (Yogyakarta: Logung Pustaka, Cet. Ke-1, 2003), hlm. 32-40

5 Baca Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab – Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, Cet. Ke-1, 2012), hlm. 95-103

gsinya.⁶

Pada abad ke-21 ini matematika telah menjadi alat untuk penemuan prinsip sains baru; penciptaan komputer, pengarah lalu lintas dan komunikasi; penggunaan energi atom; penemuan biji tambang baru; peramalan pertumbuhan penduduk; penemuan mesin baru; pengembangan strategi permainan; pembuatan vaksin dan obar baru; navigasi angkasa luar; peramalan cuaca; dan dengan matematikalah, para astronom bisa mengukur jarak planet satu ke planet lainnya.⁷

Buku ini merupakan hasil penelitian penulis yang menggunakan metode analisis induktif eksploratori, penulis akan lebih mengarah kepada penganalisisan rumus trigonometri matematika yang digunakan maupun bagaimana cara memperoleh dan penerapannya pada teori penentuan awal bulan Qamariyah sistem Ephemeris, yang selama ini pembahasan di berbagai buku Falak hanya sebatas penulisan rumus-rumus yang digunakan, termasuk rumus trigonometrinya secara praktis. Belum sampai ke tahap bagaimana alur rumus itu didapatkan. Sehingga dikhawatirkan para generasi penerus pegiat ilmu Falak tidak mengetahuinya. Berangkat dari alasan tersebut, buku ini dihadirkan dengan judul *Fiqh Ilmu Falak & Trigonometri: Cara Cepat dan Praktis Memahami Trigonometri Ilmu Falak* dalam rangka memperdalam dan menjadi perhatian khusus bagi penulis.

Adapun tujuan dan manfaat penelitian dalam rangka mengetahui aplikasi rumus Trigonometri dalam penentuan Sudut Waktu Matahari terbenam termasuk tentang aplikasi rumus Trigonometri dalam penentuan Azimuth Matahari saat *ghurub*. Penelitian dalam buku ini juga untuk mengetahui aplikasi rumus Trigonometri dalam penentuan tinggi Hilal Hakiki dan aplikasi rumus trigonometri

⁶ ST. Negoro & B. Harahap, *Ensiklopedia Matematika*, (Bogor: Ghalia Indonesia, 2005), hlm. 380

⁷ Baca Abdul Halim Fathani, *Matematika: Hakikat & Logika*, (Jogjakarta: Ar-Ruzz Media, 2009), hlm. 10-11

dalam penentuan Azimuth Bulan. Artinya, secara umum, penelitian ini bertujuan mengetahui alur langkah didapatkannya rumus trigonometri pada formula hisab awal bulan Qamariyah dalam ilmu falak sebagai bentuk sunghangsih keilmuan (*contribution to knowledge*) dalam bidang ilmu falak, ilmu hisab, dan astronomi.

Selanjutnya, diharapkan penelitian ini akan memberikan banyak manfaat, baik bagi peneliti sendiri maupun bagi pihak lain yang membaca hasil penelitian ini. Adapun manfaat dari penelitian ini dalam rangka memberikan pengetahuan tentang aplikasi rumus Trigonometri dalam penentuan Sudut Waktu Matahari terbenam, memberikan pengetahuan aplikasi rumus Trigonometri dalam penentuan Azimuth Matahari saat ghurub, memberikan pengetahuan aplikasi rumus Trigonometri dalam penentuan tinggi Hilal Hakiki, memberikan pengetahuan aplikasi rumus Trigonometri dalam penentuan Azimuth Bulan, dan penelitian ini bisa menjadi *ghirah* (dorongan) bagi peneliti berikutnya maupun menjadi rujukan/acuan bagi penelitian pada kajian-kajian teori ilmu matematika lainnya dalam aplikasi atau penerapannya.

B. Peta Penelitian Terdahulu

Seperti halnya pada penelitian-penelitian lainnya, dalam penelitian ini juga harus mempertimbangkan tinjauan penelitian/kajian pustaka. Terutama kajian pustaka yang relevan dengan penelitian ini. Kajian pustaka dalam sebuah penelitian berfungsi untuk mendukung penelitian yang dilakukan oleh seseorang. Dalam penelitian ini terdapat beberapa buku, skripsi dan disertasi yang masih relevan dengan penelitian ini sehingga dapat dijadikan sebagai rujukan/acuan dalam proses penulisan ide pemikiran penulis.

Adapun buku, skripsi, dan disertasi tersebut penjelasannya secara berturut-turut ialah sebagai berikut:

1. Buku karya John Bird edisi ketiga tahun 2004 yang berjudul *“Matematika Dasar Teori dan Aplikasi Praktis”* telah disinggung

banyak pembahasan tentang Trigonometri.

2. Buku karya Frank Ayres & Elliot Mendelson edisi keempat tahun 2004 yang berjudul *“Schaum’s Out Lines: Kalkulus”* menjelaskan tentang tinjauan Trigonometri yang menjelaskan hukum sinus dan cosinus.
3. Buku karya Frank Ayres & Philip A. Schmidt edisi ketiga tahun 2004 yang berjudul *“Schaum’s Out Lines of Teori dan Soal-Soal Matematika Universitas”* menjelaskan tentang segitiga dan beberapa rasio trigonometri.
4. Skripsi yang berjudul *“Analisi Rumus Trigonometri dalam Penentuan Arah Kiblat”* karya Susheri NIM. 083511028 Prodi Tadris Matematika IAIN Walisongo Semarang tahun 2012. Dalam skripsinya sedikit banyak dijelaskan tentang Trigonometri, namun pembahasannya pada penerapannya dalam ilmu Falak penentuan arah kiblat.
5. Buku karya Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M. Ag tahun 2012 yang berjudul *“Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya”* menjelaskan teori Trigonometri Bola, namun pada penentuan arah kiblat.
6. Buku karya Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M. Ag tahun 2010 yang berjudul *“Fiqih Hisab Rukyah Menyatukan NU dan Muhammadiyah dalam penentuan Awal Ramadhan, Idul Fitri dan Idul Adha”* menjelaskan tentang teori Trigonometri Bola yang membantu dalam teori penentuan awal bulan Qamariyah.
7. Buku karya Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M. Ag tahun 2012 yang berjudul *“Ilmu Falak Praktis Metode Hisab – Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya”* menerangkan tentang algoritma langkah-langkah teori penentuan awal bulan Qamariyah.
8. Dalam proses penentuan awal bulan Qamariyah, tentu membutuhkan suatu cara atau metodologi. Dalam tesis karya Fairuz Sabiq jurusan Ilmu Falak Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang tahun 2007 dengan judul *“Telaah Metodologi*

Penetapan Awal Bulan Qamariyah di Indonesia”, telah dijelaskan pembahasan tentang metodologi penetapan awal bulan Qamariyah Yang meliputi kriteria konsep awal bulan Qamariyah, kriteria visibilitas hilal, dan ragam metode perhitungan yang dipakai dalam menentukan masuknya awal bulan Qamariyah. Namun pembahasannya masih belum memfokuskan pada analisis rumus Trigonometri dalam dalam penentuan awal bulan Qamariyah tepatnya pada penentuan posisi dan keadaan Hilal.

9. Sebuah penelitian yang di dalamnya terdapat pembahasan seputar hisab rukyah yang meliputi definisi, urgensi, dasar hukum dan bagian-bagian dalam ilmu falak, yakni dalam sebuah tesis karya Jaenal Arifin jurusan Ilmu Falak Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang tahun 2007 dengan judul *“Pemikiran Hisab Rukyah KH. Nor Ahmad SS Di Indonesia”*. Dan pada selanjutnya, terdapat sub bahasan tersendiri tentang bidang hisab yang meliputi arah kiblat, awal waktu sholat dan awal bulan Qamariyah. Tetapi pembahasannya masih belum mengarah kepada proses penerapan rumus Trigonometri dalam penentuan posisi dan keadaan Hilal pada teori awal bulan Qamariyah.
10. Tesis dengan judul *“Pemikiran Hisab Rukyah KH. Turaikhan Dan Aplikasinya”* karya M. Agus Yusrun Nafi’ jurusan Ilmu Falak Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang tahun 2007. Dalam tesis tersebut dibahas tentang hisab rukyah meliputi tinjauan umum hisab rukyah, pengertiannya, kegunaannya, dasar hukumnya, hingga metodenya dan aplikasinya. Akan tetapi pembahasannya masih belum mengarah pada analisis rumus trigonometri dalam penentuan posisi dan keadaan Hilal pada teori awal bulan Qamariyah.

Meskipun demikian, keterangan-keterangan dari beberapa referensi yang relevan tersebut sangat membantu sekali dalam penelitian yang akan dilakukan oleh penulis ini. Walaupun pembahasannya juga masih belum mengarah pada analisis mendalam rumus-rumus

Trigonometri dalam penentuan posisi dan keadaan Hilal pada teori penentuan awal bulan Qamariyah.

Berdasarkan dari hasil penelusuran penelitian terdahulu tersebut, maka buku ini memiliki kekhususan dan signifikansi tersendiri dari penelitian yang sudah ada sebelumnya.

C. Teori dan Metodologi

1. Jenis Penelitian

Secara umum metode penelitian (*research*) diartikan sebagai cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu.⁸ Dan macam-macam metode penelitian sebenarnya banyak sekali. Namun, menurut metode penelitian dapat dikategorikan menjadi 3 macam metode penelitian, yakni; metode penelitian kuantitatif, metode *research and develepment* (R & D), dan metode kualitatif.⁹ Adapun dalam penelitian pendekatan kualitatif, peneliti akan menggunakan jenis penelitian yang berdasarkan jenis data merupakan penelitian sekunder yakni menggunakan bahan yang bukan dari sumber pertama sebagai sarana untuk memperoleh data atau informasi yang menggunakan studi kepustakaan. Studi kepustakaan (*library research*) dapat diartikan sebagai suatu langkah untuk memperoleh informasi dari penelitian terdahulu yang harus dikerjakan.

Berdasarkan tujuannya, penelitian ini merupakan penelitian eksploratori, dilakukan untuk mengeksplor dan menganalisis/mentelaah aplikasi rumus-rumus trigonometri dalam penentuan posisi dan keadaan hilal pada teori penentuan awal bulan Qamariyah. Sehingga akan ditemukan sebuah makna penelitian.

Berdasarkan tempat atau latar, penelitian yang akan peneliti lakukan merupakan penelitian perpustakaan. Dan penelitian perpustakaan

⁸ Sugiono, *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D)*, (Bandung: Alfabeta, 2010), hlm. 3

⁹ Baca Sugiono, *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D)*, (Bandung: Alfabeta, 2010), hlm. 10-12

takaan (*library research*), upaya melakukan kajian terhadap literatur, penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, jurnal sumber-sumber lainnya yang ada dan relevan dengan pembahasan tentang tema yang akan penulis angkat, yaitu aplikasi rumus trigonometri pada teori penentuan awal bulan Qamariyah tepatnya dalam penentuan posisi dan keadaan hilal.

2. Sumber Penelitian

Secara umum, sumber data penelitian terbagi menjadi dua, data primer dan data sekunder. Data primer adalah yang langsung diperoleh dari sumber data pertama di lokasi penelitian atau objek penelitian.¹⁰

Dengan kata lain sumber data yang diperoleh oleh peneliti secara langsung dari objek penelitian tanpa pelantara. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber kedua atau sumber sekunder dari data yang kita butuhkan.¹¹

Data sekunder dapat diklasifikasikan menjadi dua; pertama, internal data (yaitu tersedia tertulis pada sumber data sekunder) seperti laporan hasil riset penelitian yang lalu tentang masalah terkait. Kedua, eksternal data (yaitu data yang diperoleh dari sumber luar) seperti data yang diperoleh dari badan atau lembaga yang aktivitasnya mengumpulkan data atau keterangan yang relevan dengan/ dalam berbagai masalah.

Adapun dalam penelitian ini (studi kepustakaan), peneliti akan menggunakan jenis penelitian sekunder yakni menggunakan sumber atau bahan yang bukan dari sumber pertama sebagai sarana memperoleh data, baik dapat berupa dokumentasi dan buku-buku yang terkait tentang penelitian ini. Dan peneliti akan melakukan dokumentasi tentang sumber referensi yang terkait dengan penelitian

10 M. Burhan Bungin, *Metodologi Penelitian Kuantitatif: Komunikasi, Ekonomi, dan Kebijakan Publik serta Ilmu-ilmu Sosial Lainnya*, (Jakarta: Kencana, 2010), hlm. 122

11 M. Burhan Bungin, *Metodologi Penelitian Kuantitatif: Komunikasi, Ekonomi, dan Kebijakan Publik serta Ilmu-ilmu Sosial Lainnya*, (Jakarta: Kencana, 2010), hlm. 122

ini yang meliputi buku-buku, kitab-kitab, jurnal, artikel-artikel dan sebagainya.

Sehingga, penelitian ini yang menggunakan data sekunder dapat digolongkan menjadi data yang bersifat primer (utama) dan data yang bersifat sekunder yang dapat membantu memberi keterangan atau data pelengkap sebagai bahan pembanding.¹² Sumber referensi utama yang dijadikan acuan dalam penelitian ini diantaranya adalah; buku John Bird (2004) berjudul *Matematika Dasar Teori dan Aplikasi Praktis, edisi ketiga*, yang menjelaskan banyak pembahasan tentang Trigonometri. Buku Frank Ayres & Philip A. Schmidt (2004) berjudul *Schaum's Out Lines of Teori dan Soal-Soal Matematika Universitas, edisi ketiga*, yang menjelaskan tentang segitiga dan beberapa rasio trigonometri. Buku Dr. H. Ahmad Izzuddin, M. Ag. (2012) berjudul *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya* yang menerangkan tentang algoritma langkah-langkah teori penentuan awal bulan Qamariyah. Buku KH. Drs. Slamet Hambali, MSI. (2011) berjudul *Ilmu Falak 1: Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia*. Dan buku Drs. A. Jamil (2009) berjudul *Ilmu Falak (Teori dan Aplikasi): Arah Kiblat, Awal Waktu, dan Awal Tahun (Hisab Kontemporer)*.

3. Fokus Penelitian

Sesuai dengan judul penelitian ini yaitu “aplikasi rumus trigonometri dalam penentuan posisi dan keadaan Hilal dalam teori penentuan awal bulan Qamariyah”, maka yang akan menjadi fokus penelitian ini yakni: Pembahasan aplikasi rumus trigonometri dalam penentuan Sudut Waktu Matahari Terbenam, penentuan Azimuth matahari saat ghurub, penentuan tinggi Hilal Hakiki, dan dalam penentuan Azimuth Bulan.

4. Teknik Pengumpulan Data

eknik pengumpulan merupakan langkah yang paling utama

12 M. Burhan Bungin, *Metodologi Penelitian Kuantitatif: Komunikasi, Ekonomi, dan Kebijakan Publik serta Ilmu-ilmu Sosial Lainnya*, (Jakarta: Kencana, 2010), hlm. 123

dalam penelitian, karena tujuan utama dari penelitian adalah mendapatkan data. Tanpa mengetahui teknik pengumpulan data, maka peneliti tidak akan mendapatkan data yang memenuhi standar data yang ditetapkan. Pengumpulan data dapat dilakukan dalam berbagai *setting*, berbagai *sumber*, dan berbagai *cara*. Teknik pengumpulan data bila dilihat dari segi *cara* maka dapat dilakukan dengan observasi (pengamatan), interview (wawancara), kuesioner (angket), dokumentasi dan gabungan keempatnya (triangulasi).¹³

Dalam penelitian ini, penulis akan menggunakan teknik pengumpulan data dengan dokumen. Dan studi dokumentasi merupakan teknik pengumpulan data yang tidak langsung ditujukan kepada subjek penelitian. Dan studi documenter merupakan suatu teknik pengumpulan data dengan menghimpun dan menganalisis dokumen-dokumen, baik dokumen tertulis, gambar maupun elektronik. Dan perlu diperhatikan dokumen yang dipilih harus memiliki kredibilitas yang tinggi.¹⁴ Dokumen yang telah diperoleh kemudian dianalisis (diurai), dibandingkan dan dipadukan (sintesis) membentuk satu hasil kajian yang sistematis, padu dan utuh.

5. Teknik Analisis Data

Pengumpulan berbagai data telah dilakukan. Langkah selanjutnya penganalisisan data tersebut. Dalam penelitian jenis kualitatif, belum ada panduan untuk menentukan berapa banyak data dan analisis yang diperlukan untuk mendukung kesimpulan atau teori. Nasution dalam (Sugiono: 2010) menyatakan bahwa: “melakukan analisis adalah pekerjaan yang sulit, memerlukan kerja keras. Analisis memerlukan daya kreatif serta daya kemampuan intelektual yang tinggi. Tidak ada cara tertentu yang dapat diikuti untuk mengadakan analisis, sehingga setiap peneliti harus mencari sendiri metode yang dirasakan cocok dengan sifat penelitiannya. Bahan yang sama bisa

¹³ Sugiono, *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, (Bandung: Alfabeta, 2010), hlm. 193-194.

¹⁴ (<http://www.infoskripsi.com/Tip-Trik/Instrumen-dan-Teknik-Pengumpulan-Data.html>) diakses Kamis, 1 November 2012

diklasifikasikan lain oleh peneliti yang berbeda”.

Sedangkan dalam penelitian ini akan digunakan teknik analisis induktif, yang memiliki tahapan (*the process of inductive analysis*).¹⁵ Pertama, peneliti telah mulai melakukan penganalisisan sejak di lapangan, ketika mengerjakan pengumpulan data (*analysis on site*). Kedua, membuka seluruh data yang telah terkumpul terkait dengan upaya mengidentifikasi data ke dalam kegiatan pentranskripsian dan penandaan tema-tema yang memiliki kesamaan (*run the data open*). Ketiga, *focus analysis*, ialah membahas berbagai data yang telah terkumpul ke dalam kode-kode, atau pun tanda-tanda.

Deepen analysis merupakan langkah keempat dari proses induktif, yakni menganalisis data yang terkumpul secara mendalam. Sehingga akan membentuk pemaknaan-pemaknaan penulis laporan kualitatif terhadap berbagai data yang telah ditelitinya. Pemaknaan ini, melalui rujukan konsep-literatur yang terkait dengan fokus analisis, akan memberikan aksentuasi validitas dan reliabilitas keilmiah. Langkah selanjutnya, pengujian kembali apa-apa yang telah ditemukannya kepada para nara sumber, atau pembimbing, atau orang-orang yang memiliki otoritas terkait dengan bahasan studi yang telah dipilih (*present analysis to owners*).

Bila semua itu dinyatakan siap dan layak, maka peneliti mulai menuliskan hasil penelitiannya (*write up thesis*). Penulisan temuannya ke dalam laporan ilmiah tidak untuk menggeneralisasikan simpulan pemaknaannya, akan tetapi hendak memaparkan temuan induktifnya yang subjektif sifatnya. Dengan demikian, dapat dikatakan analisisnya menjadikan teori sebagai rujukan penguatan pemaknaan subjek penelitian. Artinya, proses analisis induktif memolakan penulis memaknakan temuan studinya berdasarkan subjek penelitian, dan kerangka subjektif penulisannya itu sendiri.

15 Septiawan Santana K., *menulis Ilmiah Metodologi Penelitian Kualitatif*, (Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia, 2010), hlm. 61-64

D. Sistematika Isi Buku

Buku ini tersusun menjadi enam bagian. Dalam setiap bagian terdiri dari sub-sub pembahasan. Bagian pertama adalah latar dan lingkup kajian, tujuan dan manfaat penelitian, peta penelitian terdahulu, teori dan metodologi penelitian, dan sistematika isi buku.

Bagian kedua pembahasan ilmu Falak dan Awal bulan Qamariyah, berisi; pengertian ilmu Falak meliputi dasar hukum ilmu Falak, bulan baru Qamariyah, metode penentuan awal bulan Qamariyah, selanjutnya pembahasan menghisab awal bulan Qamariyah. Bagian tiga menguraikan aturan-aturan trigonometri, yakni aturan trigonometri pada segiriga datar dan aturan trigonometri pada segitiga bola. Bagian akhir pembahasan ini tentang trigonometri dalam penentuan posisi dan keadaan hilal pada formula hisab awal bulan Qamariyah.

Adapun bagian empat berisi kajian trigonometri pada formula hisab awal bulan qamariyah, yang diawali dengan penjelasan tentang dalil al-Quran mengenai matematika dan diakhiri kajian trigonometri pada segitiga bola. Bagian lima merupakan inti pembahasan pada buku ini, yakni mengungkap “misteri” trigonometri dalam formula hisab awal bulan Qamariyah. Didalamnya meliputi, pembahasan rumus trigonometri dalam menghitung sudut waktu matahari, rumus trigonometri dalam menghitung azimuth matahari, rumus trigonometri dalam menghitung tinggi hilal, dan pembahasan rumus trigonometri dalam menghitung azimuth bulan. Dan diberi contoh praktis menghisab awal bulan qamariyah pada bagian akhir bab ini.

Dan bagian enam adalah penutup. Berisi kesimpulan, saran-saran, dan kata penutup.



BAGIAN II

ILMU FALAK DAN AWAL BULAN QAMARIYAH

A. PENGERTIAN ILMU FALAK

Ilmu Falak, ada yang membagi menjadi dua macam, yaitu *‘Ilmiy* dan *‘Amaliy*.¹⁶ Ilmu Falak *‘Ilmiy* adalah ilmu yang membahas teori dan konsep benda-benda langit, misalnya dari segi asal mula kejadiannya (*Cosmogoni*), bentuk dan tata-himpunannya (*Cosmologi*), jumlah anggotanya (*Cosmografi*), ukuran dan jaraknya (*Astrometrik*), gerak dan gaya tariknya (*Astrofisika*). Ilmu Falak yang demikian ini merupakan *Theoretical Astronomy*. Sedangkan ilmu Falak *‘Amaliy* adalah ilmu yang melakukan perhitungan untuk mengetahui posisi dan kedudukan benda-benda langit antara satu dengan lainnya. Ilmu Falak *‘Amaliy* inilah yang oleh masyarakat umum dikenal dengan ilmu Falak atau ilmu Hisab. Namun, masih banyak lagi pendapat para intelek dan ilmuwan tentang pengertian ilmu Falak.

¹⁶ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik Perhitungan arah kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), hlm. 2

Sedangkan Bahasan ilmu Falak dalam Islam berkaitan dengan pelaksanaan peribadatan, diantaranya; penentuan arah Kiblat yang merupakan syarat sahnya sholat, penentuan masuknya waktu-waktu shalat, penentuan bulan baru Hijriyah, pembahasan gerhana matahari/bulan dan sebagainya.

Adapun mengenai pembahasan penetapan bulan baru hijriyah adalah menghitung waktu terjadinya Ijtimak (*konjungsi*), yakni posisi matahari dan bulan memiliki nilai bujur astronomi yang sama, serta menghitung posisi bulan (*hلال*) ketika matahari terbenam pada hari terjadinya konjungsi itu.¹⁷


Bahwa teori penentuan awal bulan Qamariyah yang didalamnya terdapat susunan algoritma perhitungan matematis penetapan awal bulan, tak hanya sebatas perhitungan sederhana, artinya menggunakan operasi penambahan, pengurangan, perkalian, pembagian antara bilangan-bilangan yang sederhana. Namun seiring berjalanya waktu, formula teori awal bulan Qamariyah mengalami perkembangan pesat, yang mana sudah menggunakan rumus trigonometri sebagai langkah mencapai perhitungan lebih cepat, tepat, dan akurat. yang demikian itu merupakan peran besar Trigonometri dalam ilmu Falak.

1. DASAR HUKUM ILMU FALAK

Adapun secara umum dasar hukum ilmu Hisab atau ilmu Falak adalah sebagai berikut:¹⁸

1. Dalam al-Quran disebutkan antara lain:

- a. Firman Allah SWT. Dalam QS. Ar-Rahman 55:5

 الشَّمْسُ وَالْقَمَرُ حُسْبَانٍ

“Matahari dan bulan (beredar) menurut perhitungan”

- b. Firman Allah SWT. Dalam QS. Yunus 10:5

¹⁷ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik Perhitungan arah kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), hlm. 3

¹⁸ Baca Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), hlm. 4-5

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسُ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ
الْسِّنِينَ وَالْحِسَابَ ۚ خَلَقَ مَا اللَّهُ ذَلِكُ إِلَّا بِالْحَقِّ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ
يَعْلَمُونَ ﴿٢١٨﴾

“Dia-lah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya dan ditetapkan-Nya manzilah-manzilah (tempat-tempat) bagi perjalanan bulan itu, supaya kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak.¹⁹ Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui.”

c. Firman Allah SWT. Dalam QS. Al-Baqarah 2:189

يَسْأَلُونَكَ عَنْ هَآءِ الْأَنفُسِ الَّتِي قِيلَ هِيَ قِيَتُ مَوْتِ النَّاسِ وَالْحَجَّ وَلَيْسَ الْبِرُّ بِأَنْ تَأْتُوا
الْبُيُوتَ مِنْ ظُهُورِهَا وَلَكِنَّ الْبِرَّ مَنْ اتَّقَى ۚ وَآتُوا الْبُيُوتَ مِنْ أَبْوَابِهَا
وَاتَّقُوا اللَّهَ لَعَلَّكُمْ تُفْلِحُونَ ﴿٢١٩﴾

“Mereka bertanya kepadamu tentang bulan sabit. Katakanlah: “Bulan sabit itu adalah tanda-tanda waktu bagi manusia dan (bagi ibadat) haji; dan bukanlah kebajikan memasuki rumah-rumah dari belakangnya²⁰, akan tetapi kebajikan itu ialah kebajikan orang yang bertakwa. dan masuklah ke rumah-rumah itu dari pintu-pintunya; dan bertakwalah kepada Allah agar kamu beruntung.”

d. Firman Allah SWT. Dalam QS. Yasin 36:38-40

وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَهَا ۚ ذَٰلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ ﴿٣٨﴾ وَالْقَمَرَ
قَدَرْنَاهُ مَنَازِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيمِ ﴿٣٩﴾ لَا الشَّمْسُ يَنْبَغِي لَهَا أَنْ

19 Maksudnya: Allah menjadikan semua yang disebutkan itu bukanlah dengan percuma, melainkan dengan penuh hikmah.

20 Pada masa jahiliyah, orang-orang yang berihram di waktu haji, mereka memasuki rumah dari belakang bukan dari depan. hal ini ditanyakan pula oleh Para sahabat kepada Rasulullah s.a.w., Maka diturunkanlah ayat ini.

تُدْرِكُ الْقَمَرَ وَلَا أَلِيلٌ سَابِقُ النَّهَارِ وَكُلُّ فَلَكٍ فِي يَسْبَحُونَ ﴿٤٠﴾

“Dan matahari berjalan ditempat peredarannya. Demikianlah ketetapan yang Maha Perkasa lagi Maha mengetahui (38). Dan telah Kami tetapkan bagi bulan manzilah-manzilah, sehingga (setelah Dia sampai ke manzilah yang terakhir) Kembalilah Dia sebagai bentuk tanda yang tua²¹ (39). Tidaklah mungkin bagi matahari mendapatkan bulan dan malampun tidak dapat mendahului siang. dan masing-masing beredar pada garis edarnya (40).

2. Dalam hadits-hadits, antara lain:

a. Hadits riwayat Ibn Sunni:

تَعَلَّمُوا مِنَ النُّجُومِ مَا تَهْتَدُونَ بِهِ فِي ظُلُمَاتِ الْبَرِّ وَالْبَحْرِ ثُمَّ انْتَهَوْا (رواه ابن السني)

“Pelajarilah keadaan bintang-bintang supaya kamu mendapat petunjuk dalam kegelapan darat dan laut, lalu berhentilah”.

b. Hadits riwayat Imam Thabrani:

إِنَّ خَيْرَ عِبَادِ اللَّهِ الَّذِينَ يُرَاعُونَ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ لِذِكْرِ اللَّهِ (رواه الطبرني)

“Sesungguhnya hamba-hamba Allah yang baik adalah yang selalu memperhatikan Matahari dan Bulan, untuk mengingat Allah”.

c. Hadits riwayat Imam Bukhari

“Dari said bin Amr bahwasannya dia mendengar Ibn Umar ra dari nabi beliau bersabda: sungguh kami adalah umat yang ummi, tidak mampu menulis dan menghitung bulan adalah sekian dan sekian yaitu kadang 29 hari, dan kadang 30 hari”.

²¹ Maksudnya: bulan-bulan itu pada Awal bulan, kecil berbentuk sabit, kemudian sesudah menempati manzilah-manzilah, Dia menjadi purnama, kemudian pada manzilah terakhir kelihatan seperti tandan kering yang melengkung.

2. BULAN BARU QAMARIYAH

Pembahasan penetapan tiap-tiap permulaan bulan baru, akan berkaitan dengan pembahasan sebuah sistem penanggalan (kalender). Sistem penanggalan merupakan sebuah kebutuhan manusia dalam hidup bermasyarakat. Penanggalan ini merupakan suatu sistem satuan-satuan ukuran waktu yang disusun dan digunakan untuk mencatat peristiwa-peristiwa penting, baik mengenai kehidupan manusia atau kejadian alam di lingkungan sekitarnya. Satuan-satuan ukuran waktu itu adalah detik, menit, jam, hari, minggu, bulan, tahun, dan seterusnya.

Ada tiga macam penanggalan/kalender yang berlaku di Indonesia, khususnya masyarakat Jawa, yaitu penanggalan Masehi, Hijriyah, dan Jawa Islam. Akan tetapi, pada garis besarnya ada dua sistem kalender yang dianut, *syamsiyah* (*solar calender*) dan *qamariyah* (*lunar calender*)²². Pertama, sistem syamsiyah atau lebih jamak disebut sebagai penanggalan Masehi. Sistem ini didasarkan pada peredaran bumi mengelilingi matahari. Dengan kata lain, penanggalan ini berdasarkan pada perubahan musim sebagai akibat peredaran semu matahari. Bulan pertamanya adalah Maret, karena posisi matahari berada di titik Aries itu terjadi pada bulan Maret.²³

Satu tahun Masehi lamanya 365 hari sebagai tahun-tahun pendek (Bashithah), yakni bilangan tahun yang tidak habis dibagi empat. Sedangkan bilangan tahun yang habis dibagi empat adalah tahun-tahun panjang (Kabisat) lamanya 366 hari. Selisih satu hari ini terletak pada bulan februari yang hanya berumur 28 hari pada tahun pendek dan 29 hari pada tahun panjang. Sedangkan bulan lainnya terdiri dari 30 atau 31 hari. Dan perlu diketahui bahwa 1 siklus tahun Masehi adalah 4 tahun dengan jumlah 1461 hari (1 kabisat 366 hari

22 Baca T. Djamaluddin, *Menggagas Fiqih Astronomi Telaah Hisab-Rukyat dan Pencarian Solusi Perbedaan Hari Raya*, (Bandung: Kaki Langit, 2005), hlm. 12

23 Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2008), hlm.103

dan 3 tahun bashithah 365 hari).²⁴

Untuk jumlah kumulatif hari pada bulan-bulan tahun Masehi (Bashithah/Kabisat) adalah Januari (31), Februari (59/60), Maret (90/91), April (120/121), Mei (151/152), Juni (181/182), Juli (212/213), Agustus (243/244), September (273/274), Oktober (304/305), November (334/335), Desember (365/366).²⁵ Lebih jelas lihat tabel 2.1 berikut;

Tabel 2.1: DAFTAR UMUR DAN JUMLAH HARI BULAN-BULAN MASEHI

| No. | Nama Bulan | Umur | Jumlah Hari | |
|-----|------------|-------|-------------|---------|
| | | | Bashithah | Kabisat |
| 1 | Januari | 31 | 31 | 31 |
| 2 | Februari | 28/29 | 59 | 60 |
| 3 | Maret | 31 | 90 | 91 |
| 4 | April | 30 | 120 | 121 |
| 5 | Mei | 31 | 151 | 152 |
| 6 | Juni | 30 | 181 | 182 |
| 7 | Juli | 31 | 212 | 213 |
| 8 | Agustus | 31 | 243 | 244 |
| 9 | September | 30 | 273 | 274 |
| 10 | Oktober | 31 | 304 | 305 |
| 11 | November | 30 | 334 | 335 |
| 12 | Desember | 31 | 365 | 366 |

Kedua adalah sistem qamariyah atau penanggalan Hijriy-

²⁴ Baca Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2008), hlm.105, dan baca juga Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), hlm. 97

²⁵ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), hlm. 97

ah. Adapun penanggalan Jawa Islam (penanggalan Soko)²⁶ pada dasarnya sama dengan penanggalan Hijriyah yang didasarkan pada peredaran bulan mengelilingi Bumi. Satu kali edar lamanya 29 hari 12 jam 44 menit 2,5 detik. Untuk menghindari adanya pecahan hari maka ditentukan bahwa umur bulan ada 30 hari dan ada yang 29 hari, yaitu untuk bulan-bulan ganjil berumur 30 hari, sedang bulan-bulan genap berumur 29 hari, kecuali pada bulan ke 12 (Dzulhijjah) pada tahun kabisat berumur 30 hari. Lebih jelasnya untuk mengetahui jumlah tahun kabisatnya, angka tahun dibagi 30 jika sisanya terdapat angka 2, 5, 7, 10, 13, 15, 18, 21, 24, 26, dan 29. Umur bulan Dzulhijjah untuk tahun kabisat 30 hari.²⁷

Satu siklus/daur tahun Hijriyah sama dengan 30 tahun yakni 10631 hari dengan rincian 354 x 19 tahun Bashithah ditambah 355 x 11 tahun kabisat). Untuk jumlah kumulatif hari pada bulan-bulan tahun Hijriyah (Bashithah/Kabisat) adalah Muharam (30), Shafar (59), Rabiul Awal (89), Rabiul Akhir (118), Jumadil Awal (148), Jumadil Akhir (177), Rajab (207), Syaban (236), Ramadan (266), Syawal (295), Dzulqadah (325), dan Dzulhijjah (354/355).²⁸ Lebih jelas lihat tabel 2.2 berikut;

Tabel 2.2: DAFTAR UMUR DAN JUMLAH HARI BULAN-BULAN HIJRIYAH DAN JAWA

| No. | Nama Bulan | Umur | Jumlah Hari | Bulan Jawa |
|-----|-------------|------|-------------|------------|
| 1 | Muharram | 30 | 30 | Suro |
| 2 | Shafar | 29 | 59 | Sapar |
| 3 | Rabiul Awal | 30 | 89 | Mulud |

²⁶ Baca Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2008), hlm.116

²⁷ Baca Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2008), hlm.111

²⁸ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), hlm. 96

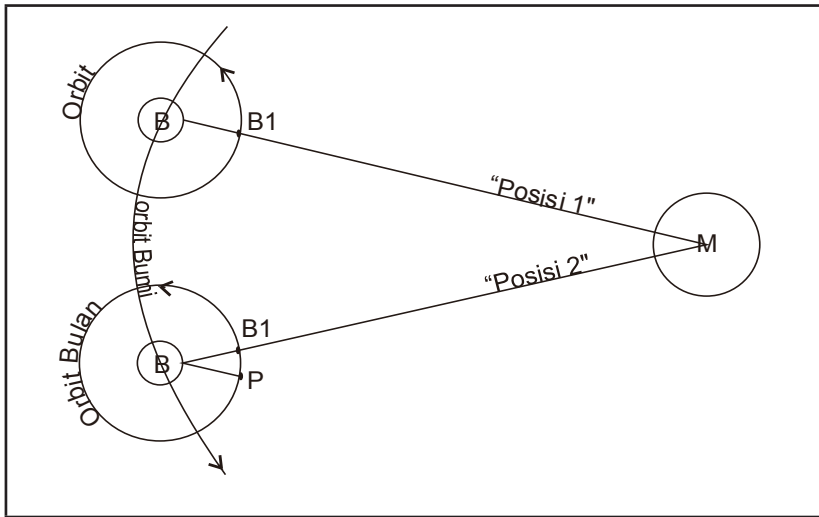
| | | | | |
|----|--------------|-------|---------|--------------|
| 4 | Rabiul Akhir | 29 | 118 | Bakdomulud |
| 5 | JumadilAwal | 30 | 148 | Jumadilawal |
| 6 | JumadilAkhir | 29 | 177 | Jumadilakhir |
| 7 | Rajab | 30 | 207 | Rejeb |
| 8 | Syaban | 29 | 236 | Ruwah |
| 9 | Ramadan | 30 | 266 | Poso |
| 10 | Syawal | 29 | 295 | Selo |
| 11 | Dzulqadah | 30 | 325 | Dulkangidah |
| 12 | Dzulhijjah | 29/30 | 354/355 | Besar |

Sebenarnya lamanya satu bulan dalam sistem penanggalan qamariyah didasarkan kepada waktu yang berselang dua ijtimak, yaitu rata-rata 29 hari 12 jam 44 menit 2,8 detik. Tapi dalam (Muhyiddin Khazin, 2008: 111) menyatakan rata-rata 29 hari 12 jam 44 menit 2,5 detik. Namun, dengan adanya selisih 3 detik adalah ukuran waktu yang sangat kecil sehingga tidak menjadi masalah yang berarti. Ukuran waktu tersebut dikenal sebagai satu periode bulan sinodis (*the synodic month/syahr iqtirony*).

Satu periode bulan sinodis bukan waktu yang diperlukan bulan mengelilingi bumi satu kali putaran penuh, melainkan waktu yang berselang antara 2 posisi sama yang dibuat bumi, bulan dan matahari. Sedangkan waktu yang dibutuhkan bulan mengelilingi bumi satu kali putaran penuh adalah selama 27 hari 7 jam 43 menit 11,5 detik. Ukuran waktu tersebut dikenal sebagai satu periode bulan sideris (*the sidereal month/syahr nujumy*).²⁹

Perhatikan gambar berikut:

²⁹ Baca Direktorat Jenderal Pembinaan Kelembagaan Agama Islam dan Direktorat Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, *Pedoman Perhitungan Awal Bulan Qamariyah*, (Jakarta: Departemen Agama Republik Indonesia, 1995), hlm. 2



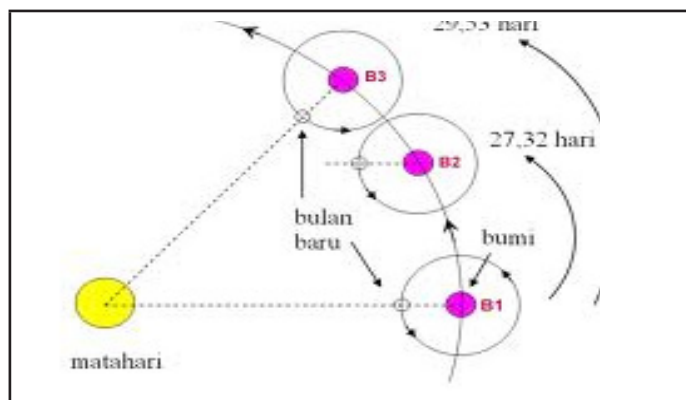
Gambar 2.1 satu periode bulan mengelilingi bumi³⁰

Dalam peredaran sebenarnya, bumi (B) mengelilingi matahari (M) dari arah barat ke timur (arah *rektrogad*) dalam satu kali putaran penuh selama satu tahun. Inilah yang disebut revolusi bumi terhadap matahari. Bumi mengitari matahari sekaligus dirinya dikelilingi oleh bulan (B₁) dengan arah *rektrogad* pula. Pada “posisi 1”, matahari dan bulan digambarkan sedang ijtimak (terletak pada satu bujur astronomi yang sama). Bulan terus mengelilingi bumi dari posisi 1 dan pada saat bulan menempati posisi titik P, maka bulan telah melakukan edaran satu kali putaran penuh mengelilingi bumi, selama 27 hari 7 jam 43 menit 11,5 detik (satu bulan sideris), namun posisi bulan belum sama seperti “posisi 1”. Ini dikarenakan bumi berotasi. Setelah 2 hari lebih sejak bulan menempati posisi titik P

30 Baca Direktorat Jenderal Pembinaan Kelembagaan Agama Islam dan Direktorat Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, Pedoman Perhitungan Awal Bulan Qamariyah, (Jakarta: Departemen Agama Republik Indonesia, 1995), hlm. 2

maka ia akan menempati titik seperti “posisi 2”, dimana matahari dan bulan sama-sama terletak pada satu bujur astronomis seperti pada “posisi 1”. Maka “posisi 2” juga menggambarkan terjadinya ijtimak. Jadi waktu yang berselang antara “posisi 1” dan “posisi 2” ini yang disebut dengan satu periode bulan sinodis dengan rata-rata lamanya adalah 29 hari 12 jam 44 menit 2,8 detik. Satu periode bulan sinodis tersebut dijadikan dasar dalam penentuan awal bulan qamariyah.

Dan perhatikan pula Gambar 2.2 periode bulan sideris dan sinodis;



Secara garis besar, untuk menentukan awal bulan qamariyah adalah menentukan kapan terjadinya proses ijtimak³¹. Dan ilustrasi proses ijtimak telah terwakili dengan adanya gambar 2.1 maupun gambar 2.2. namun mungkin orang akan berpikiran setiap terjadi ij-

31 Ijtimak bisa diartikan “kumpul” atau *Iqtiran* artinya “bersama”, yaitu posisi matahari dan bulan berada pada satu bujur astronomi. Dalam astronomi dikenal dengan istilah *Conjunction* (konjungsi). Para ahli astronomi murni menggunakan ijtamak ini sebagai pergantian bulan qamariyah, sehingga disebut *New Moon*. Baca Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, (Jogjakarta: Buana Pustaka, 2005), hlm. 32. Dan untuk gambar ilustrasi ijtimak pada bola langit baca Direktorat Jenderal Pembinaan Kelembagaan Agama Islam dan Direktorat Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, *Pedoman Perhitungan Awal Bulan Qamariyah*, (Jakarta: Departemen Agama Republik Indonesia, 1995), hlm. 3.

timak, dapat dipastikan akan terjadi gerhana matahari, sebab setiap kali bulan mengelilingi bumi ia akan selalu menghalangi sinar matahari yang menuju ke bumi. Sebenarnya tidak demikian, akan tetapi posisi ijtimak matahari, bumi dan bulan adalah tidak selalu berada pada satu garis lurus. Ketiga benda langit itu berada pada satu bidang astronomis yang tegak lurus terhadap bidang orbit bumi (ekliptika).

Dan dasar hukum awal bulan qamariyah adalah firman Allah SWT Q.S. Yasin ayat 39:

“Dan telah Kami tetapkan bagi bulan manzilah-manzilah, sehingga (setelah Dia sampai ke manzilah yang terakhir) Kembalilah Dia sebagai bentuk tandan yang tua ³²”.

Dapat diketahui bahwa dimulainya bulan baru, menurut petunjuk ayat itu, adalah apabila Bulan telah kembali kepada bentuknya yang paling kecil. Bentuk yang paling kecil itu dicapai di sekitar saat ijtimak antara Matahari dan Bulan. Dan dasar hukum yang menerangkan bahwa bilangan bulan ada 12 bulan adalah Q.S. At-Taubah ayat 36;

“Sesungguhnya bilangan bulan pada sisi Allah adalah dua belas bulan, dalam ketetapan Allah di waktu Dia menciptakan langit dan bumi,...”

Dan hadits Nabi SAW yang berbunyi:

صُومُوا لِرُؤُوسِهِ وَافْطَرُّوا لِرُؤُوسِهِ فَإِنْ غَبِيَ عَلَيْكُمْ فَاكْمِلُوا عِدَّةَ شَعْبَانَ ثَلَاثِينَ
(متفق عليه)

“Berpuasalah kamu karena melihat hilal dan berbukalah kamu karena melihat hilal. Bila hilal tertutup debu atasmu maka sempurnakanlah bilangan sya’ban tiga puluh hari”. (Muttafaq Alaih).³³

32 Maksudnya: bulan-bulan itu pada Awal bulan, kecil berbentuk sabit, kemudian sesudah menempati manzilah-manzilah, Dia menjadi purnama, kemudian pada manzilah terakhir kelihatan seperti tandan kering yang melengkung.

33 Baca Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi*

3. METODE PENENTUAN AWAL BULAN QAMARIYAH

Ada dua metode utama penentuan awal bulan qamariyah: secara *ru'yat* (pengamatan) dan secara *hisab* (perhitungan). Ada pendapat bahwa rukyat bersifat *qath'i* (pasti) dan hisab bersifat *dzhanni* (dugaan), atau sebaliknya. Akan tetapi, sebenarnya keduanya (termasuk variasi dari metode itu) bersumber dari ijtihad yang berpotensi benar dan salah,³⁴ namun keduanya saling melengkapi. Berikut adalah pembahasan tentang kedua metode penentuan awal bulan qamariyah tersebut.

1) Rukyat *Bil Fi'li*

Rukyat *bil fi'li* atau rukyatul hilal adalah usaha melihat atau mengamati hilal di tempat terbuka dengan mata bugil atau peralatan pada sesaat matahari terbenam menjelang bulan baru qamariyah (tanggal 29 bulan qamariyah). Apabila hilal berhasil dilihat maka malam itu dan keesokan harinya merupakan tanggal satu untuk bulan berikutnya. Apabila hilal tidak berhasil dilihat maka malam itu dan keesokan harinya merupakan hari ke 30 untuk bulan yang sedang berlangsung.³⁵

Rukyat *bil fi'li* ini adalah sistem penentuan awal bulan qamariyah yang dilakukan pada masa Nabi dan para sahabat, bahkan sampai sekarang metode ini masih dilakukan oleh banyak umat islam. Misalnya dalam menentukan awal dan akhir bulan Ramadan. Dasar hukum sistem ini adalah hadits Nabi yang diriwayatkan oleh Muslim dari ibnu Umar: *“Berpuasalah kamu sekalian karena melihat hilal, dan berbukalah karena melihat hilal”*.

Jika demikian, tentu sistem rukyat ini hanya dapat dilakukan

Permasalahannya, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), hlm. 94-95

³⁴ T. Djamaluddin, *Menggagas Fiqih Astronomi Telaah Hisab-Rukyat dan Pencarian Solusi Perbedaan Hari Raya*, (Bandung: Kaki Langit, 2005), hlm. 18

³⁵ Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, (Jogjakarta: Buana Pustaka, 2005), hlm. 69

untuk kepentingan pelaksanaan ibadah saja, tidak untuk proses penyusunan kalender. Sebab dalam penyusunan kalender harus dapat diperhitungkan dan ditentukan jauh-jauh hari sebelumnya dan tidak tergantung kepada terlihatnya hilal saat matahari terbenam menjelang masuknya awal bulan.

2) Hisab

Sistem hisab adalah penentuan awal bulan qamariyah yang didasarkan kepada perhitungan peredaran bulan mengelilingi bumi. Dan ada yang memberi definisi bahwa hisab adalah perhitungan secara matematis dan astronomis untuk menentukan posisi bulan dalam menentukan dimulainya awal bulan pada kalender Hijriyah.³⁶ Metode ini dapat menetapkan awal bulan jauh sebelumnya, sebab tidak tergantungnya kepada terlihatnya hilal pada saat matahari terbenam menjelang masuknya tanggal satu pada bulan baru. Sehingga bukan menjadi hal yang berlebihan, kiranya metode ini adalah mutlak diperlukan dalam menentukan awal-awal bulan untuk kepentingan penyusunan sebuah kalender baik kalender qamariyah maupun kalender syamsiyah.

Melihat pada landasan/dasar yang dilakukan, metode hisab dikategorikan menjadi dua, yaitu *Hisab Urfi* dan *Hisab Hakiki*.³⁷

a. Hisab Urfi

Hisab Urfi adalah sistem perhitungan penanggalan yang didasarkan kepada peredaran rata-rata bulan mengelilingi bumi. Karenanya dapat diterapkan umur bulan secara rata-rata. Hisab Urfi ini hanya dipergunakan untuk penanggalan muamalah secara internasional bukan untuk pelaksanaan ibadah secara syar'i.

³⁶ Wikipedia ensiklopedi bebas, "*Hisab dan rukyat*", dalam id.wikipedia.org, diakses 26 Februari 2013.

³⁷ Baca Direktorat Jenderal Pembinaan Kelembagaan Agama Islam dan Direktorat Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, *Pedoman Perhitungan Awal Bulan Qamariyah*, (Jakarta: Departemen Agama Republik Indonesia, 1995), hlm. 2

b. Hisab Hakiki

Hisab Hakiki adalah sistem hisab penentuan awal dan akhir bulan qomariah berdasarkan kepada peredaran bulan dan bumi yang sebenarnya. Oleh karena itu, metode hisab Hakiki ini digunakan oleh lebih banyak orang dari pada metode hisab urfi yang masih konvensional. Sesuai keadaan sebenarnya, umur dalam satu bulan qomariah tidaklah beraturan antara 29 dan 30 hari, melainkan bisa saja beraturan antara 29 atau 30 hari dalam beberapa bulan qomariah.

Dengan merujuk peredaran bulan dan bumi yang sebenarnya, metode ini yang dipergunakan orang dalam penentuan awal bulan qamariyah yang berkaitan dengan pelaksanaan ibadah. Terdapat beberapa aliran dalam menentukan masuknya bulan baru dengan mempergunakan metode hisab Hakiki. Secara globalnya terbagi menjadi dua golongan, yaitu golongan yang berpedoman kepada ijtimak semata dan golongan yang berpedoman kepada posisi bulan di atas ufuk pada saat matahari terbenam. Namun, jika diuraikan lagi, terbagi menjadi enam golongan, di antaranya adalah yang berpedoman ijtimak qoblat ghurub, yang berpedoman ijtimak qoblat fajri, berpedoman kepada posisi hilal di atas ufuk hakiki, kepada posisi hilal di atas ufuk hissi, kepada posisi hilal di atas ufuk mar'i, dan golongan yang berpedoman kepada posisi hilal yang mungkin dapat di rukyat (*imkanur rukyat*).

B. MENGHISAB AWAL BULAN QAMARIYAH

Dalam menghisab awal bulan baru, terdapat langkah-langkah yang harus dilakukan. Adapun caranya sesuai dengan metode mana yang dipilih. Dan dasar matematika yang ada dalam teori penentuan awal bulan Qamariyah ialah sebagai berikut; operasi aljabar (pengurangan, penjumlahan, perkalian, pembagian dan perpangkatan), trigonometri, sistem koordinat, dan koordinat bola bumi.³⁸ Berikut adalah langkah-langkah menghisab awal bulan Qamariyah sistem

³⁸ Haedarrauf, *Dasar-Dasar Matematika Ilmu Falak*, (<http://haedarrauf.wordpress.com>) diakses Kamis, 1 November 2012

Ephemeris secara umum adalah sebagai berikut:³⁹

1. Menentukan awal bulan apa dan tahun berapa (hijriyah) yang akan ditentukan;
2. Menentukan lokasi atau kota mana;
(cari data Lintang Tempat (Φ) Bujur Tempat (λ) untuk lokasi yang berangkutan serta tinggi tempat dari permukaan air laut);
3. Menentukan tanggal 29 bulan (Hijriyah) bulan sebelumnya bertepatan dengan berapa menurut kalender Masehi dengan cara konversi tanggal atau perbandingan tarikh;
4. Siapkan data astronomis pada tanggal masehi tersebut atau sehari sebelumnya, yakni dimana terdapat FIB (*Fraction Illumination Bulan*) terkecil;
5. Melacak FIB terkecil pada tanggal yang bersangkutan, terjadi pada jam berapa GMT (waktu Greenwich);
6. Menentukan sabaq matahari (SM), yakni menghitung selisih (harga mutlak) antara data ELM (*Ecliptic Longitude Matahari*) pada jam FIB terkecil tersebut pada satu jam berikutnya;
Catatan: Bila FIB terkecil terjadi pada jam 24, maka satu jam berikutnya adalah jam 01 pada tanggal berikutnya.
7. Menentukan sabaq bulan (SB), yaitu menghitung selisih (harga mutlak) antara data ALB (*Apparent Longitude Bulan*) pada jam FIB terkecil tersebut pada satu jam berikutnya;
8. Menentukan jarak Matahari dan Bulan (**MB**) dengan menggunakan rumus:

$$\text{MB} = \text{ELM} - \text{ALB}$$

(Data ELM dan ALB pada jam FIB terkecil).

³⁹ Baca juga Zainul Arifin, *Cara Menghitung dan Menentukan Arah Kiblat, Rashdul Kiblat, Awal Waktu Shalat, Kalender Penanggalan, Awal Bulan Qomariyah. (Hisab Kontemporer) Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Lukita, 2012), halm. 62

9. Menentukan SabaQ Bulan Mu'addal (**SBM**) dengan menggunakan rumus:

$$SBM = SB - SM$$

10. Menentukan Titik Ijtima' dengan menggunakan rumus:

$$\text{Titik Ijtima}' = MB : SBM$$

11. Menentukan Waktu Ijtima' (menurut GMT), dengan menggunakan rumus:

$$\text{Ijtima}' = \text{Waktu FIB} - \text{Titik Ijtima}'$$

Apabila dikehendaki WIB tambahkan 7 jam (bujur WIB (**105°**): 15).

12. Memperkirakan saat matahari terbenam menurut GMT pada tanggal terjadinya ijtima' untuk tempat yang telah ditentukan di atas.
13. Melacak data berikut ini dari Ephemeris pada saat diperkirakan matahari terbenam di atas (no. 12) menurut waktu Greenwich dengan cara interpolasi.
 - a. Deklinasi Matahari (**δ_o**) pada kolom *Apparent Declination Matahari*.
 - b. Semi Diameter Matahari (**SD_o**) pada kolom *Semi Diameter Matahari*.
 - c. Equation of Time (**ϵ**) pada kolom *Equation of Time*.

Catatan: Bila Ijtima' menurut waktu daerah sudah berganti tanggal, maka gunakan data matahari dan bulan pada tanggal berikutnya.

14. Menentukan Tinggi Matahari (**h_o**) dengan menggunakan rumus:

$$h_o = 0 - SD_o - \text{Refr} - \text{Dip}$$

Catatan: dengan Refraksi (**$0^\circ 34' 30''$**) dan

$$\text{Dip} (0^\circ 1.76' \times \sqrt{200} = 0^\circ 24' 53.41'')$$

15. Menentukan Sudut Waktu Matahari (**t_o**) dengan menggunakan

rumus:

$$\cos t_o = -\tan \Phi^x \cdot \tan \delta_o + \sin h_o : \cos \Phi^x : \cos \delta_o$$

16. Menentukan waktu matahari terbenam (Ghurub) menurut GMT dengan menggunakan rumus:

$$\text{Ghurub} = 12 - e + (t_o : 15) - (\lambda : 15)$$

Catatan: untuk WIB tambahkan 7 jam, untuk WITA tambahkan 8 jam, untuk WIT tambahkan 9 jam.

17. Menentukan Asensio Rekta Matahari (AR_o) pada kolom *Apparent Right Ascension Matahari*, yakni pada saat matahari terbenam menurut waktu Greenwich dengan cara interpolasi.
18. Menentukan Asensio Rekta Bulan (AR_c) pada kolom *Apparent Right Ascension Bulan*, yakni pada saat matahari terbenam menurut waktu Greenwich dengan cara interpolasi.
19. Menentukan Deklinasi Bulan (δ_c) pada kolom *Apparent Declination Bulan*, yakni pada saat matahari terbenam menurut waktu Greenwich dengan cara interpolasi.
20. Menentukan Semi Diameter Bulan (SD_c) pada kolom *Semi Diameter Bulan*, yakni pada saat matahari terbenam menurut waktu Greenwich dengan cara interpolasi.
21. Menentukan Horizontal Parallaks Bulan (HP_c) pada kolom *Horizontal Parallax*, yakni pada saat matahari terbenam menurut waktu Greenwich dengan cara interpolasi.
22. Menentukan Sudut Waktu Bulan (t_c) dengan menggunakan rumus:
- $$t_c = AR_o - AR_c + t_o$$
23. Menentukan Tinggi Hilal Hakiki (h_c) dengan menggunakan rumus:
- $$\sin h_c = \sin \Phi^x \cdot \sin \delta_c + \cos \Phi^x \cdot \cos \delta_c \cdot \cos t_c$$
24. Menentukan Parallax Bulan (P_c) dengan menggunakan rumus:

$$P_c = \cos h_c \text{ HP}_c$$

25. Menentukan Tinggi Hilal (h°) dengan menggunakan rumus:

$$h^\circ = h_c - P_c + SD_c$$

26. Menentukan Refraksi (Refr) dengan menggunakan rumus:

$$\text{Refr} = 0.1695 : \tan (h^\circ + 10.3 : (h^\circ + 5.1255))$$

Catatan: Bila h° lebih kecil dari pada $0^\circ 34' 30''$ maka harga refraksi sebesar $0^\circ 34' 30''$

27. Menentukan Tinggi Hilal Mar'i (h_c') dengan menggunakan rumus:

$$h_c' = h_o + \text{Refr} + \text{Dip}$$

Bila hasilnya positif (+), maka hilal di atas ufuk mar'i.

Bila hasilnya negatif (-), maka hilal di bawah ufuk mar'i.

28. Menentukan Nisful Fudlah Bulan (NF_c)(NF_c) dengan menggunakan rumus:

$$\sin NF_c = (\sin \Phi \sin \delta_c) : (\cos \Phi \cos \delta_c)$$

29. Menentukan Parallaks Nisful Fudlah (PNF) dengan menggunakan rumus:

$$\text{PNF} = \cos NF_c \text{ HP}_c$$

30. Menentukan Setengah Busur Siang Bulan Hakiki (SBSH) dengan rumus:

$$\text{SBSH} = 90 + NF_c$$

31. Menentukan setengah busur siang bulan (SBS_c) dengan menggunakan rumus:

Jika $\text{SBSH} \geq 90$ maka menggunakan rumus:

$$\text{SBS}_c = 90 + NF_c - \text{PNF} + (SD_c + 0.575 + \text{Dip})$$

Jika $\text{SBSH} < 90$ maka menggunakan rumus:

$$\text{SBS}_c = 90 + NF_c + \text{PNF} - (SD_c + 0.575 + \text{Dip})$$

32. Menentukan Mukuts/Lama Hilal (Lm_c) dengan menggunakan

rumus:

$$Lm_c = (SBS_c - t_c) : 15$$

33. Menentukan waktu Terbenam hilal ($Terb_c$) dengan menggunakan rumus:

$$Terb_c = Ghurub + Lm_c$$

34. Menentukan Azimuth Matahari (A_o) dengan menggunakan rumus:

$$\text{Cotan } A_o = -\sin \Phi^x : \tan t_o + \cos \Phi^x \cdot \tan \delta_o : \sin t_o$$

35. Menentukan Azimuth Hilal (A_c) dengan menggunakan rumus:

$$\text{Cotan } A_c = -\sin \Phi^x : \tan t_c + \cos \Phi^x \cdot \tan \delta_c : \sin t_c$$

Bila hasilnya positif (+), maka matahari atau hilal di Utara titik Barat.

Bila hasilnya negatif (-), maka matahari atau hilal di Selatan titik Barat.

36. Menentukan Posisi Hilal (PH) dengan menggunakan rumus:

$$A_o - A_c$$

a. Bila hasilnya positif (-), maka hilal di Utara matahari,

b. Bila hasilnya negatif (+), maka hilal di Selatan matahari;

37. Menentukan Arah Terbenam Hilal (AT_c) dengan menggunakan rumus:

$$\tan AT_c = -\sin \Phi : \tan SBS_c + \cos \Phi \tan \delta_c : \sin SBS_c$$

38. Menentukan Luas Cahaya Hilal (FI_c) lihat pada kolom *Fraction Illumination Bulan* pada saat matahari terbenam (waktu Greenwich) dengan cara interpolasi

39. Menentukan lebar Nurul Hilal (NH) dengan satuan ukur *ushbu'* dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$NH = \left[\sqrt{PH^2 + h_c'^2} \right] : 15 ;$$

40. Menentukan Kemiringan Hilal (MRG) dengan menggunakan rumus:

Jika $MRG \leq 15$ maka hilal terlentang

Jika $MRG > 15$ dan PH positif, maka hilal miring ke Utara.

Jika $MRG > 15$ dan PH negatif, maka hilal miring ke Selatan.

41. Mengambil kesimpulan dari perhitungan yang telah dilakukan, yakni waktu terjadinya *ijtima'* (hari, tanggal, jam), waktu dan arah matahari terbenam, tinggi dan arah hilal terhadap titik barat dan terhadap matahari, lama hilal setelah matahari terbenam, keadaan hilal, ukuran luas serta lebar cahaya hilal.

Perlu diketahui langkah-langkah tersebut dari 1 hingga 41, secara garis besar dikelompokkan dalam 3 langkah yang utama. Adapun 3 langkah tersebut sebagai berikut;⁴⁰

1. Langkah menghitung perkiraan akhir bulan sebelum masuk bulan baru yang dicari (langkah 1 – 3).
2. Langkah mencari saat *Ijtima'* akhir bulan sebelum masuk bulan baru yang dicari (langkah 4 – 11).

Dan langkah menentukan posisi dan keadaan hilal akhir bulan baru sebelum masuk bulan yang dicari (langkah 12 – 41).

⁴⁰ Baca Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), hlm. 95-103.



BAGIAN III

TRIGONOMETRI DAN AWAL BULAN QAMARIYAH

A. PENGERTIAN TRIGONOMETRI

Kata trigonometri berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata: “trigonon” berarti segitiga dan “metron” berarti ukuran,⁴¹ Oleh karena itu, trigonometri berhubungan dengan geometri⁴² karena dalam KBBI cet. edisi ketiga, trigonometri merupakan kata benda yang diartikan sebagai ilmu ukur mengenai sudut dan sempadan dengan segitiga (digunakan dalam Astronomi dsb).⁴³

Pada awalnya, trigonometri disebut juga dengan ilmu ukur segitiga atau ilmu ukur sudut yang mencoba menyelidiki gerak benda-benda

41 ST. Negoro & B. Harahap, *Ensiklopedia Matematika*, (Bogor: Ghalia Indonesia, 2005), hlm. 380

42 Bagian dari matematika yang membahas mengenai titik, garis, bidang, dan ruang. Baca John Bird, *Matematika Dasar Teori dan Aplikasi Praktis Edisi ketiga*, (Jakarta: Erlangga, 2004), hlm. 124

43 *KBBI*, Pusat Bahasa Departemen Pendidikan nasional, (Jakarta: Balai Pustaka, 2005), hlm. 1211

angkasa seperti matahari, bulan, dan bintang, serta memperkirakan posisinya.⁴⁴ Maka trigonometri pada ilmu Astronomi memiliki peran signifikan. Dapat dikatakan demikian, karena ukuran benda-benda langit tidak mungkin diukur menggunakan penggaris. Akan tetapi, dihitung dengan metode skala-skala dan sudut-sudut, sehingga dapat diperkirakan ukurannya secara lebih tepat dan akurat.

Dengan melihat adanya aplikasi trigonometri yang merambah pada ilmu astronomi tersebut, maka trigonometri dapat digolongkan menjadi dua, trigonometri bidang (lihat gambar; 3.1) yang dibatasi hanya pada segitiga-segitiga dalam bidang datar, baik segitiga sama kaki, segitiga sama sisi maupun segitiga siku-siku⁴⁵. Dan trigonometri bola (*spherical trigonometri*) berkaitan dengan segitiga-segitiga tertentu yang terletak pada bola⁴⁶ (lihat gambar; 3.2). **K o n k l u s i** dari penjelasan mengenai trigonometri di atas, bahwa trigonometri merupakan cabang ilmu Matematika yang berhubungan dengan pengukuran sisi-sisi, sudut-sudut segitiga, dan fungsi trigonometrik seperti sinus, cosinus, dan tangen serta hubungannya satu sama lain.

Rumus perbandingan trigonometri dalam segitiga siku-siku. Rumus aturan sinus dan cosinus. Rumus sudut berelasi. Rumus Trigonometri sudut ganda digunakan untuk nilai-nilai ukuran sisi akibat sudut-sudut yang tidak istimewa. Selain itu, juga terdapat rumus-rumus Trigonometri jumlah dan selisih dua sudut, rumus perkalian Sinus dan Cosinus, rumus jumlah dan selisih pada Sinus dan Cosinus dan sebagainya. Ini merupakan beberapa persamaan rumus Trigonometri pada segitiga bidang datar.

Dalam buku ini, kajian trigonometri yang dibahas adalah trigo-

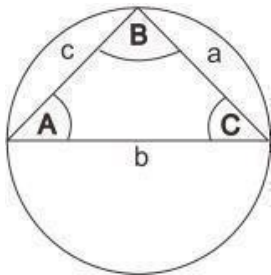
44 H. Sigit Suprijanto dkk, Matematika SMA Kelas XI, (Jakarta: Yudhistira, 2009), hlm.

45 Baca Idris, M. dkk., *Kamus Mipa: Matematika, Fisika, Kimia, Biologi*, (Jogjakarta: Ar-Ruzz Media, 2010), hlm. 100

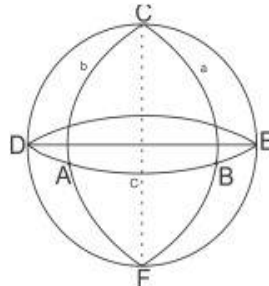
46 Frank Ayres, Jr., Philip A. Schmidt, *Schaum's Outline of Teori dan soal-soal Matematika Universitas*, Edisi Ketiga, (Jakarta: Erlangga, 2004), hlm. 133

nometri dalam segitiga bola. Namun, sebelumnya perlu dibahas persamaan-persamaan rumus trigonometri dalam segitiga bidang datar sebagai ilmu dasar memasuki pembahasan trigonometri segitiga bola.

Ilustrasi gambar segitiga



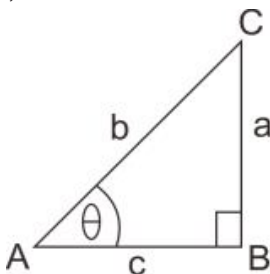
Gambar; 3.1
*Segitiga datar ABC
pada bidang lingkaran.⁴⁷*



Gambar; 3.2
*ABC adalah segitiga bola
yang terletak pada
permukaan bola.⁴⁸*

1. ATURAN TRIGONOMETRI PADA SEGITIGA DATAR

Untuk mendapatkan perbandingan trigonometri pada segitiga datar,



Gambar; 2.3 *segitiga siku-siku.*

⁴⁷ Lihat Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1 (Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia)*, (Semarang: Penerbit Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011), hlm. 13

⁴⁸ Lihat Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1 (Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia)*, (Semarang: Penerbit Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011), hlm. 32

Dari segitiga siku-siku ABC gambar 2.3 diperoleh perbandingan trigonometri (no. 1, 2, dan 3) dan kebalikan dari ketiga perbandingan itu (no. 4, 5, dan 6), di antaranya adalah : ⁴⁹

$$1. \sin \theta = \frac{\text{sisi hadap}}{\text{hipotenusa}} = \frac{BC}{AC} = \frac{a}{b}$$

$$2. \cos \theta = \frac{\text{sisi samping}}{\text{hipotenusa}} = \frac{AB}{AC} = \frac{c}{b}$$

$$3. \tan \theta = \frac{\text{sisi hadap}}{\text{Sisi samping}} = \frac{BC}{AB} = \frac{a}{c}$$

$$4. \csc \theta = \frac{1}{\sin \theta} = \frac{AC}{BC} = \frac{b}{a}$$

$$5. \sec \theta = \frac{1}{\cos \theta} = \frac{AC}{AB} = \frac{b}{c}$$

$$6. \cot \theta = \frac{1}{\tan \theta} = \frac{AB}{BC} = \frac{c}{a}$$

Nama lain dari perbandingan trigonometri adalah sebuah rasio trigonometrik yang didefinisikan dalam segitiga siku-siku.⁵⁰ Dalam beberapa buku terdapat penambahan dalam rasio trigonometrik itu, yaitu;

$$\tan \theta = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} \quad \text{dan} \quad \cot \theta = \frac{\cos \theta}{\sin \theta}$$

Rumus identitas trigonometri dasar adalah

⁴⁹ Lihat Rosihan Ari Y. dan Indriyastuti, *Perspektif Matematika 1 untuk Kelas X SMA*, (Solo: PT Tiga Serangkai Pustaka Mandiri, 2008), hlm. 204. Lihat juga Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1 (Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia)*, (Semarang: Penerbit Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011), hlm. 18-20.

⁵⁰ Baca K.A. Stroud dan Dexter J. Booth, *Matematika Teknik, Edisi Kelima/Jilid I*, (alih bahasa: Ir. Zulkifli Harahap, (Jakarta: Erlangga, 2003), hlm. 229-230 & 236.

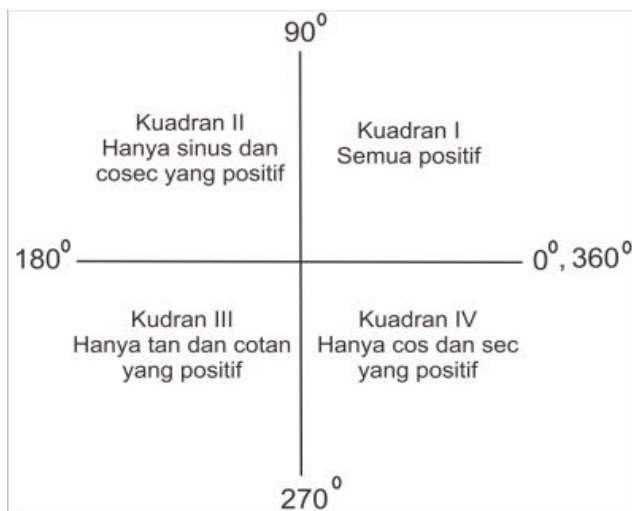
$$1 = \sin^2 \theta + \cos^2 \theta$$

$$\csc^2 \theta = 1 + \cot^2 \theta$$

$$\sec^2 \theta = \tan^2 \theta + 1$$

..... Pers. 3.1.

Adapun tanda dari nilai trigonometri $\sin \theta$, $\cos \theta$, $\tan \theta$ tergantung pada letak $\angle \theta$ di masing-masing kuadran.⁵¹ Lihat gambar 3.4 berikut;



Sudut-sudut yang berelasi.⁵²

⁵¹ ST. Negoro & B. Harahap, *Ensiklopedia Matematika*, (Bogor: Ghalia Indonesia, 2010), hlm. 381. Dan baca buku Sartono Wirodikromo, *Matematika untuk SMA Kelas X*, (Jakarta: Erlangga, 2007), jil. I, hlm. 219.

⁵² ST. Negoro & B. Harahap, *Ensiklopedia Matematika*, (Bogor: Ghalia Indonesia, 2005), hlm. 383 dan baca juga buku Sartono Wirodikromo, *Matematika untuk SMA Kelas X*, (Jakarta: Erlangga, 2007), jil. I, hlm. 222-229.

Sudut $90^\circ - \theta$

$$\sin(90^\circ - \theta) = \cos \theta$$

$$\cos(90^\circ - \theta) = \sin \theta$$

$$\tan(90^\circ - \theta) = \cot \theta$$

$$\cot(90^\circ - \theta) = \tan \theta$$

Sudut $90^\circ + \theta$

$$\sin(90^\circ + \theta) = \cos \theta$$

$$\cos(90^\circ + \theta) = -\sin \theta$$

$$\tan(90^\circ + \theta) = -\cot \theta$$

$$\cot(90^\circ + \theta) = -\tan \theta$$

Sudut $180^\circ - \theta$

$$\sin(180^\circ - \theta) = \sin \theta$$

$$\cos(180^\circ - \theta) = -\cos \theta$$

$$\tan(180^\circ - \theta) = -\tan \theta$$

$$\cot(180^\circ - \theta) = -\cot \theta$$

Sudut $180^\circ + \theta$

$$\sin(180^\circ + \theta) = -\sin \theta$$

$$\cos(180^\circ + \theta) = -\cos \theta$$

$$\tan(180^\circ + \theta) = \tan \theta$$

$$\cot(180^\circ + \theta) = \cot \theta$$

Sudut $270^\circ - \theta$

$$\sin(270^\circ - \theta) = -\cos \theta$$

$$\cos(270^\circ - \theta) = -\sin \theta$$

$$\tan(270^\circ - \theta) = \cot \theta$$

$$\cot(270^\circ - \theta) = \tan \theta$$

Sudut $270^\circ + \theta$

$$\sin(270^\circ + \theta) = -\cos \theta$$

$$\cos(270^\circ + \theta) = \sin \theta$$

$$\tan(270^\circ + \theta) = -\cot \theta$$

$$\cot(270^\circ + \theta) = -\tan \theta$$

Sudut $360^\circ - \theta$

$$\sin(360^\circ - \theta) = -\sin \theta$$

$$\cos(360^\circ - \theta) = \cos \theta$$

$$\tan(360^\circ - \theta) = -\tan \theta$$

$$\cot(360^\circ - \theta) = -\cot \theta$$

Sudut $360^\circ + \theta$

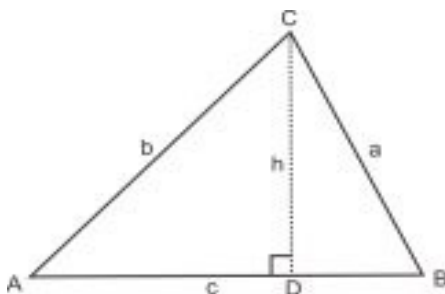
$$\sin(360^\circ + \theta) = \sin \theta$$

$$\cos(360^\circ + \theta) = \cos \theta$$

$$\tan(360^\circ + \theta) = \tan \theta$$

$$\cot(360^\circ + \theta) = \cot \theta$$

Dan berlaku rumus-rumus trigonometri dalam segitiga sembarang pada bidang datar sebagai berikut:



Gambar 3.5
Segitiga ABC sembarang

➤ **Aturan Cosinus Pada Segitiga Datar**

$$\Leftrightarrow a^2 = b^2 + c^2 - 2 b \cdot c \cos A \dots\dots\dots \text{Pers. 3.2}$$

$$\Leftrightarrow b^2 = a^2 + c^2 - 2 a \cdot c \cos B \dots\dots\dots \text{Pers. 3.3}$$

$$\Leftrightarrow c^2 = a^2 + b^2 - 2 a \cdot b \cos C \dots\dots\dots \text{Pers. 3.4}$$

➤ **Aturan Sinus pada segitiga datar**

Dalam tiap segitiga $\triangle ABC$, perbandingan panjang sisi dengan sinus sudut yang berhadapan dengan sisi itu mempunyai nilai yang sama. Ditulis: ⁵³

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} \dots\dots\dots \text{Pers. 3.5}$$

➤ **Rumus Tambahan Trigonometri Segitiga Datar**

Tujuan dituliskannya rumus ini pada kesempatan ini digunakan sebagai pedoman datar sebelum mempelajari trigonometri pada se-

⁵³ Sartono Wirodikromo, *Matematika SMA 1 untuk Kelas X*, (Jakarta: Erlangga, 2007), hlm. 243

gitiga bola. Adapun rumus-rumus trigonometri tambahan meliputi; rumus-rumus penjumlahan dua sudut, rumus-rumus pengurangan dua sudut, rumus-rumus sudut ganda, rumus-rumus sudut setengah, rumus-rumus hasil kali sinus dan cosinus, dan rumus-rumus jumlah dan selisih dari sinus dan cosinus.⁵⁴

Berikut merupakan rumus-rumus trigonometri tambahan yang berlaku pada segitiga datar.

$$\cos (\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta \quad \text{Pers. 3.6}$$

$$\cos (\alpha - \beta) = \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta \quad \text{Pers. 3.7}$$

$$\sin (\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta \quad \text{Pers. 3.8}$$

$$\sin (\alpha - \beta) = \sin \alpha \cos \beta - \cos \alpha \sin \beta \quad \text{Pers. 3.9}$$

$$\tan (\alpha + \beta) = \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 - \tan \alpha \tan \beta} \quad \text{Pers. 3.10}$$

$$\tan (\alpha - \beta) = \frac{\tan \alpha - \tan \beta}{1 + \tan \alpha \tan \beta} \quad \text{Pers. 3.11}$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha \quad \text{Pers. 3.12}$$

$$\cos 2\alpha = 2 \cos^2 \alpha - 1 \quad \text{Pers. 3.13}$$

$$\cos 2\alpha = 1 - 2 \sin^2 \alpha \quad \text{Pers. 3.14}$$

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha \quad \text{Pers. 3.15}$$

$$\tan 2\alpha = \frac{2 \tan \alpha}{1 - \tan^2 \alpha} \quad \text{Pers. 3.16}$$

⁵⁴ Baca Sartono Wirodikromo, *Matematika SMA 2 IPA untuk Kelas XI*, (Jakarta: Erlangga, 2007), jil. 2 hlm. 82-100. Dan baca juga Baca ST. Negoro & B. Harahap, *Ensiklopedia Matematika*, (Bogor: Ghalia Indonesia, 2010), hlm. 385-386. Serta baca Frank Ayres & Philip A. Schmidt, *Schaum's Out Lines of Teori dan Soal-Soal Matematika Universitas*, edisi ketiga, (Jakarta: Erlangga, 2004), hlm. 167-176. Baca juga ST. Negoro & B. Harahap, *Ensiklopedia Matematika*, (Bogor: Ghalia Indonesia, 2010), hlm. 386. Dan baca juga Frank Ayres & Philip A. Schmidt, *Schaum's Out Lines of Teori dan Soal-Soal Matematika Universitas*, edisi ketiga, (Jakarta: Erlangga, 2004), hlm. 176-177

$$\tan \frac{1}{2} \theta = \sqrt{\frac{1 - \cos \theta}{1 + \cos \theta}} \text{ (dengan } \cos \theta \neq -1) \dots\dots \text{ Pers. 3.17}$$

$$\tan \frac{1}{2} \theta = \frac{\sin \theta}{1 + \cos \theta}, \text{ (dengan } \cos \theta \neq -1), \text{ atau}$$

$$\tan \frac{1}{2} \theta = \frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta}, \text{ (dengan } \sin \theta \neq -1).$$

$$2 \sin \alpha \cos \beta = \sin (\alpha + \beta) + \sin (\alpha - \beta) \dots\dots \text{ Pers. 3.18}$$

$$2 \cos \alpha \sin \beta = \sin (\alpha + \beta) - \sin (\alpha - \beta) \dots\dots \text{ Pers. 3.19}$$

$$2 \cos \alpha \cos \beta = \cos (\alpha + \beta) + \cos (\alpha - \beta) \dots\dots \text{ Pers. 3.20}$$

$$-2 \sin \alpha \sin \beta = \cos (\alpha + \beta) - \cos (\alpha - \beta) \dots\dots \text{ Pers. 3.21}$$

$$2 \sin \frac{A+B}{2} \cos \frac{A+B}{2} = \sin A + \sin B \dots\dots \text{ Pers. 3.22}$$

$$2 \cos \frac{A+B}{2} \sin \frac{A+B}{2} = \sin A - \sin B \dots\dots \text{ Pers. 3.23}$$

$$2 \cos \frac{A+B}{2} \cos \frac{A+B}{2} = \cos A + \cos B \dots\dots \text{ Pers. 3.24}$$

$$-2 \sin \frac{A+B}{2} \sin \frac{A+B}{2} = \cos A - \cos B \dots\dots \text{ Pers. 3.25}$$

$$\tan \alpha + \tan \beta = \frac{2 \sin (\alpha + \beta)}{\cos (\alpha + \beta) + \cos (\alpha - \beta)} \dots\dots \text{ Pers. 3.26}$$

$$\tan \alpha - \tan \beta = \frac{2 \sin (\alpha - \beta)}{\cos (\alpha + \beta) + \cos (\alpha - \beta)} \dots\dots \text{ Pers. 3.27}$$

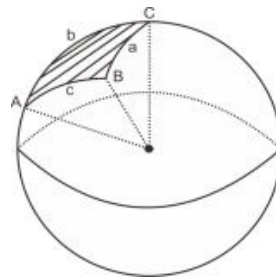
Adapun pembuktian tidak disertakan di sini, mengingat keterbatasan lingkup pembahasan.⁵⁵

2. ATURAN TRIGONOMETRI PADA SEGITIGA BOLA

Yang dimaksud segitiga bola di sini adalah bukan segitiga pada permukaan datar, melainkan pada permukaan kulit bola yang cembung, dimana sisi-sisinya terdiri dari busur yang melewati lingkaran-lingkaran besar pada bola itu. Artinya apabila tiga buah lingkaran besar pada permukaan sebuah bola saling berpotong-potongan, terjadilah sebuah segitiga bola.⁵⁶

Segitiga bola ini ada dua macam, yaitu segitiga siku-siku (tegak) dan segitiga serong. Segitiga bola siku-siku adalah segitiga bola yang salah satu sisinya terdiri dari busur yang melewati kedua kutub lingkaran besar pada bola itu. Sedangkan segitiga bola serong adalah yang tidak demikian itu.⁵⁷

Perhatikan gambar 3.6 berikut. Dengan bantuan gambar segitiga siku-siku ABC di atas (gambar 3.3) yang kemudian dipindah ke permukaan bola, sehingga menjadi segitiga bola ABC di permukaan bola. Pada penjelasan awal bahwa sisi-sisi segitiga bola terdiri dari busur yang melewati lingkaran-lingkaran besar pada bola itu.



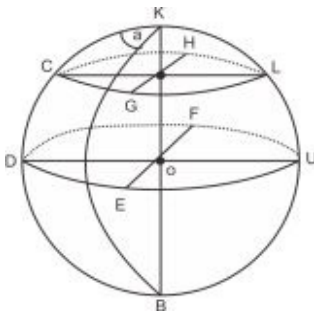
Gambar 3.6
Segitiga dalam bola

⁵⁵ Untuk pembuktian baca Frank Ayres & Philip A. Schmidt, *Schaum's Out Lines of Teori dan Soal-Soal Matematika Universitas*, edisi ketiga, (Jakarta: Erlangga, 2004), hlm. 171

⁵⁶ A. Jamil, *Ilmu Falak (Teori & Aplikasi) Arah Qiblat, Awal Waktu, dan Awal Tahun (Hisab Kontemporer)*, (Jakarta: Amzah, 2009), hlm. 55

⁵⁷ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik Perhitungan arah kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), hlm. 15

Perhatikan berikut ini:



Keterangan:

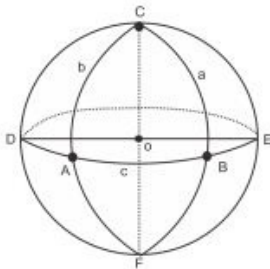
58 Penjelasan lebih detail baca Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*, (Jakarta: Kemenag RI Dirjen Pendidikan Islam Dikti, 2012), hlm. 95

Dan apabila dua lingkaran besar berpotongan, maka akan terbentuk “**sudut**” bola (ditandai huruf “a” dan bila berpotongan itu berasal dari tiga lingkaran besar dan membentuk segitiga, maka bidang itu “**segitiga bola**”.⁵⁹ Jika salah satu sisinya adalah busur dari lingkaran kecil tidak dapat dikatakan sebagai sebuah segitiga bola.⁶⁰

Berikut merupakan kesimpulan tentang segitiga bola: sebuah bentuk dikatakan sebagai sebuah segitiga bola apabila memiliki sifat-sifat sebagai berikut:⁶¹

1. Setiap dua belah sisi bersama-sama lebih besar dari sisi ketiga.
2. Jumlah dari tiga sudut lebih besar dari 180° .
3. Setiap sudut bola kurang dari 180° .

Perhatikan Gambar 3.8 *Segitiga bola Dalam lingkaran besar* berikut.



Keterangan:

CAF dan CBF= lingkaran besar

DABE = lingkaran dasar utama

CAB = segitiga bola

Segitiga CAB terdiri dari sudut ABC dan sisi abc. Dalam ilmu ukur segitiga bola (*trigonometri*) dapat dirumuskan sebagai rumus dasar segitiga bola.⁶²

⁵⁹ Muchtar Salimi, *Ilmu Falak (penentuan Awal Waktu Sholat dan Arah Kiblat)*, (Surakarta: Penerbit Fakultas Agama Islam UMS, 1997), hlm. 27.

⁶⁰ Baca Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*, (Jakarta: Dikti Islam Kemenag RI, 2012), hlm. 97-98.

⁶¹ Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*, (Jakarta: Dikti Islam Kemenag RI, 2012), hlm. 97.

⁶² Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1 (Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh*

➤ **Aturan Cosinus pada Segitiga Bola**

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A \dots\dots \text{Pers. 3.28}$$

Dengan cara yang sama, dapat diturunkan persamaan sebagai berikut;

$$\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B \dots\dots \text{Pers. 3.29}$$

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C \dots\dots \text{Pers. 3.30}$$

Ketiga persamaan itu merupakan rumus dasar dan biasa disebut sebagai **rumus cosinus**.⁶³ Dan sebenarnya dari ketiga persamaan terakhir ini, masih dapat diturunkan beberapa persamaan-persamaan yang diperoleh dari penggabungan rumus *cosinus*.⁶⁴

➤ **Aturan Sinus pada Segitiga Bola**

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c} \dots\dots\dots \text{Pers. 3.31}$$

Rumus ini disebut *rumus sinus*. Rumus ini memberikan arti bahwa perbandingan sinus antara sudut-sudut segitiga bola, harganya sama dengan perbandingan sinus sisi di hadapan sudut-sudut yang bersangkutan.⁶⁵

B. RUMUS TRIGONOMETRI DALAM PENENTUAN POSISI DAN KEADAAN HILAL PADA TEORI PENENTUAN AWAL BULAN QAMARIYAH

Adapun rumus-rumus trigonometri pada teori penentuan awal

Dunia), (Semarang: Penerbit PASCASARJANA IAIN Walisongo Semarang, 2011), hlm. 33

63 Baca Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*, (Jakarta: Dikti Islam Kemenag RI, 2012), hlm. 100

64 Baca Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*, (Jakarta: Dikti Islam Kemenag RI, 2012), hlm. 102

65 Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*, (Jakarta: Dikti Islam Kemenag RI, 2012), hlm. 101

bulan Qamariyah yang akan menjadi fokus pembahasan dalam penelitian ini sebagai aplikasinya dalam ilmu Falak adalah yang ada pada langkah ketiga yakni langkah dalam menentukan posisi dan keadaan hilal akhir bulan, diantaranya sebagai berikut:

1. Rumus sudut waktu matahari terbenam (t_o)

$$\cos t_o = -\tan \Phi^X \cdot \tan \delta^m + \sin h_o : \cos \Phi^X : \cos \delta^m$$

2. Azimuth Matahari saat ghurub (A_o)

$$\cotan A_o = -\sin \Phi^X : \tan t_o + \cos \Phi^X \cdot \tan \delta^m : \sin t_o$$

3. Menentukan tinggi hilal hakiki (h_c)

$$\sin h_c = \sin \Phi^X \cdot \sin \delta_c + \cos \Phi^X \cdot \cos \delta_c \cdot \cos t_c$$

4. Menghitung Azimuth Bulan (A_c)

$$\cotan A_c = -\sin \Phi^X : \tan t_c + \cos \Phi^X \cdot \tan \delta_c : \sin t_c$$

keterangan:

Φ^X = *Lintang Tempat*

t_o = *Sudut Waktu Matahari*

δ^m = *Deklinasi Matahari*

h_o = *Tinggi Matahari*

A_o = *Azimuth Matahari*

δ_c = *Deklinasi Bulan*

t_c = *Sudut Waktu Bulan*

h_c = *Tinggi Hilal Hakiki*

A_c = *Azimuth Bulan*

Demikianlah pembahasan secara umum tentang Trigonometri dan rumus-rumus Trigonometri dalam penentuan posisi dan keadaan hilal akhir bulan pada teori penentuan awal bulan Qamariyah.

Selama ini, belum ada pembahasan tentang langkah-langkah tentang asal muasal tersusunnya rumus trigonometri yang digunakan baik dalam menghitung sudut waktu, Azimuth, maupun tinggi benda langit yang terkait. Oleh karena itu, bab selanjutnya akan dibahas apa dan bagaimana asal muasal rumus trigonometri tersebut.



BAGIAN IV

KAJIAN TRIGONOMETRI PADA FORMULA HISAB AWAL BULAN QAMARIYAH

Keberadaan aplikasi ilmu matematika terhadap permasalahan-permasalahan kehidupan umat manusia semakin hari semakin meningkat dan diperkuat dengan adanya dalil-dalil al-Quran. Sehingga manusia dituntut untuk mempelajari matematika secara serius dan mendalam. Ditambah dengan munculnya ilmu Falak/ilmu Hisab, mengingat besar pula faedahnya dalam kehidupan kita, terutama yang berkaitan dengan pelaksanaan ibadah, maka mempelajari ilmu falak atau ilmu hisab itu wajib hukumnya. Dengan demikian, terdapat sinkronisasi antara ilmu Matematika dan ilmu Falak, yakni sama-sama wajib untuk mempelajarinya secara serius dan mendalam demi kemaslahatan semua makhluk.

Memang pada kenyataannya aplikasi ilmu matematika meliputi di segala aspek kehidupan umat manusia. Dan di dalam al-Quran Allah SWT sendiri telah mengisyaratkan adanya ilmu hitung-menghitung. Artinya bahwa Allah SWT melalui firman-Nya memerintahkan pada umat manusia untuk mempelajari ilmu hitung atau ilmu

matematika sebagai ilmu prasyarat bagi pembelajaran ilmu lainnya.

A. DALIL AL-QURAN TENTANG MATEMATIKA

Dengan tujuan menambah ghirrah semangat dan keyakinan kuat, berikut ini adalah beberapa dalil alquran yang secara tersirat berhubungan dengan ilmu hitung (matematika), di antaranya adalah sebagai berikut:

أَلَمْ تَرَوْا كَيْفَ خَلَقَ اللَّهُ سَبْعَ سَمَوَاتٍ طِبَاقًا ﴿١٥﴾

“Tidakkah kamu perhatikan bagaimana Allah telah menciptakan tujuh langit **bertingkat-tingkat?**.” (QS. Nuh. 71:15)

تَعْرُجُ الْمَلَائِكَةُ وَالرُّوحُ إِلَيْهِ فِي يَوْمٍ كَانَ مِقْدَارُهُ خَمْسِينَ أَلْفَ سَنَةٍ ﴿١٥﴾

“Malaikat-malaikat dan Jibril naik (menghadap) kepada Tuhan dalam sehari yang kadarnya **lima puluh ribu tahun**.⁶⁶” (QS. Al-Ma’aarij 70:4)

مَنْ الَّذِي يُقْرِضُ اللَّهَ قَرْضًا حَسَنًا فَيُضْعِفُهُ لَهُ أَمْضَاعًا كَثِيرَةً وَاللَّهُ يَقْبِضُ وَيَبْصُطُ وَإِلَيْهِ تُرْجَعُونَ ﴿٢٥﴾

“siapakah yang mau memberi pinjaman kepada Allah, pinjaman yang baik (menafkahkan hartanya di jalan Allah), Maka Allah akan meperlipat gandakan pembayaran kepadanya dengan **lipat ganda** yang banyak. dan Allah menyempitkan dan melapangkan (rezki) dan kepada-Nya-lah kamu dikembalikan.” (QS. Al-Baqarah 2:245)

Allah telah menjadikan alam semesta dan semua yang ada didalamnya dengan perhitungan yang rumit dan teliti sebagaimana disebutkan dalam QS. Al Qomar 54:49,

⁶⁶ Maksudnya: malaikat-malaikat dan Jibril jika menghadap Tuhan memakan waktu satu hari. apabila dilakukan oleh manusia, memakan waktu lima puluh ribu tahun.

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ ﴿١٠﴾

“Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran.”

لِيَعْلَمَ أَنَّ قَدْ أَتْلُوهُم بِأَنزِلِهِمْ وَأَنَّا حَاطَ بِمَا لَدَيْهِمْ وَأَنَّا حِصَىٰ كُلِّ شَيْءٍ عَدَدًا ﴿٢٨﴾

*“Supaya Dia mengetahui, bahwa Sesungguhnya Rasul-rasul itu telah menyampaikan risalah-risalah Tuhannya, sedang (sebenarnya) ilmu-Nya meliputi apa yang ada pada mereka, dan Dia menghitung segala sesuatu **satu persatu**.” (QS al-Jin 72 : 28).*

Itulah beberapa ayat (cetak tebal) yang memiliki hubungan dengan ilmu hitung matematika. Sebenarnya masih banyak lagi ayat yang memiliki kaitannya dengan matematika.

B. KAJIAN TRIGONOMETRI FORMULA HISAB AWAL BULAN QAMARIYAH

Pada penelitian ini penulis mengangkat dan membahas secara mendalam manfaat dan aplikasi salah satu subbab dalam ilmu matematika yakni trigonometri dalam bidang ilmu Falak yakni teori penentuan awal bulan Qamariyah. Dan berikut ini akan dipaparkan kajian rumus trigonometri dasar pada teori penentuan awal bulan Qamariyah yang pada akhir bab ini dijelaskan pula rumus trigonometri dasar pada segitiga bola (aturan cosinus dan sinus pada segitiga bola).

Adapun rumus trigonometri yang diterapkan pada teori penentuan awal bulan Qamariyah yakni pada langkah menentukan posisi dan keadaan hilal.⁶⁷

⁶⁷ Baca Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), hlm. 98-103

1. Kajian Trigonometri pada Rumus Sudut Waktu Matahari

Sudut waktu atau dalam bahasa arab adalah *Fadllud Da'ir/Za-wiyah Suwai'yyah* yang artinya busur sepanjang lingkaran harian suatu benda langit dihitung dari titik kulminasi atas sampai benda langit itu. Dan dalam astronomi dikenal dengan istilah *Hour Angle*.⁶⁸ Adapun sudut waktu matahari adalah busur sepanjang lingkaran harian matahari dihitung dari titik kulminasi atas sampai matahari berada. Atau sudut pada kutub langit selatan atau utara yang diapit oleh garis meridian dan lingkaran deklinasi yang melewati matahari. Sudut waktu matahari biasanya dilambangkan dengan (t_0).⁶⁹

Harga/nilai sudut waktu antara 0° sampai 180° . Nilai sudut waktu 0° adalah ketika matahari berada di titik kulminasi atas atau tepat di meridian langit. Artinya matahari berada di meridian atas, ia mencapai posisi yang paling tinggi dalam perputarannya, posisi itu dinamakan kulminasi. Maka saat kulminasi atas menunjukkan jam 12 siang waktu setempat. Dan Sedangkan ketika matahari berada di titik kulminasi bawah, besar sudut waktu adalah 180° dan menunjukkan jam 12 malam.⁷⁰ Selanjutnya apabila posisi matahari di sebelah barat meridian (belahan langit sebelah barat) maka sudut waktu bertanda positif (+). Dan jika matahari berada di sebelah timur meridian (belahan langit timur) maka sudut waktu bertanda negatif (-).

Harga/nilai sudut waktu matahari yang bersatuan derajat dapat diganti menjadi satuan waktu jam. Perubahan sudut waktu 15° per jam, hal ini disebabkan oleh perputaran bumi pada porosnya yang berlaku satu kali dalam waktu 24 jam. Oleh karena itu, sudut waktu

68 Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, (Jogjakarta: Buana Pustaka, 2005), hlm. 24

69 Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2008), hlm. 81

70 Baca Muchtar Salimi, *Ilmu Falak*, (Surakarta: UMS, 1997), hlm. 18. Baca juga Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2008), hlm. 81

dapat diukur dengan jam, menit dan detik. Perbandingannya sebagai berikut: $360^\circ = 24$ jam, jadi 1 jam = 15° . Sehingga $1^\circ = 4$ menit, 1 menit = $15'$ dan seterusnya.⁷¹

Adapun rumus trigonometri dalam menghitung besarnya sudut waktu matahari adalah sebagai berikut:⁷²

$$\cos t_o = -\tan \Phi^x \cdot \tan \delta_o + \sin h_o : \cos \Phi^x : \cos \delta_o .$$

Keterangan:

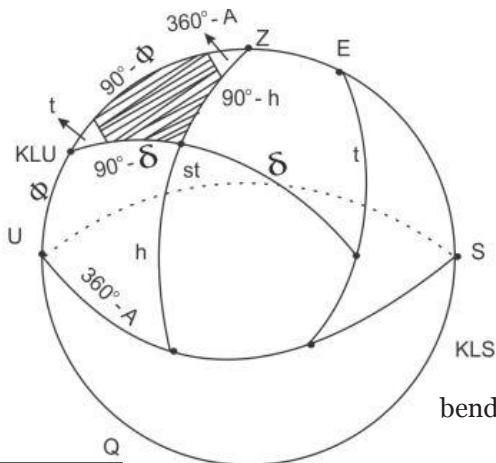
t_o = Sudut Waktu Matahari

Φ^x = Lintang Daerah

δ_o = Deklinasi Matahari

h_o = Tinggi Matahari

Perhatikan gambar ilustrasi permukaan bola langit berikut; sudut Z, KLU, st.



Gambar 4.1
sudut waktu (t)
benda langit matahari (st)

⁷¹ Baca Muchtar Salimi, *Ilmu Falak*, (Surakarta: UMS, 1997), hlm. 19. Baca juga A. Jamil, *Ilmu Falak (Teori & Aplikasi) Arah Qiblat, Awal Waktu, dan Awal Tahun (Hisab Kontemporer)*, (Jakarta: Amzah, 2009), hlm. 14

⁷² Lihat Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), hlm. 98. Juga lihat Slamet Hambali, *Ilmu Falak Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia*, (Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011), hlm. 36-37.

Melihat rumus yang digunakan dalam penentuan sudut waktu benda langit, dalam hal ini benda langit matahari, trigonometri dalam rumus tersebut adalah sinus, cosinus, dan tangen.

2. Kajian Trigonometri pada Rumus Azimuth Matahari

Azimuth (A) sebuah bintang adalah jarak yang dihitung dari titik utara sampai dengan lingkaran vertikal yang dilalui oleh bintang tersebut melalui lingkaran ufuk atau horizon menurut arah perputaran jarum jam.⁷³ Bahasa arab azimuth adalah *Jihah* yang artinya arah.⁷⁴ Dan istilah lain azimuth disebut juga dengan *as-Samt*.⁷⁵ Maka azimuth matahari adalah jarak dari titik utara ke lingkaran vertikal yang dilalui matahari, diukur sepanjang lingkaran horizon searah jarum jam, melalui arah timur, titik selatan sampai titik barat.⁷⁶

Benda langit yang sedang berkulminasi (termasuk matahari) yakni lingkaran meridian, azimuthnya 0° atau 360° jika kedudukannya di sebelah utara titik zenith dan 180° apabila kedudukan benda langit berada di sebelah selatan titik zenit. Azimuth titik timur 90° sedangkan azimuth titik barat adalah 270° .

Biasanya azimuth diukur dari titik utara ke arah timur, selatan hingga barat (searah dengan arah perputaran jarum jam). Jika azimuth diukur dari titik utara ke arah barat (berlawanan dengan arah perputaran jarum jam), maka bertanda negatif (-). Dengan demikian dapat dinyatakan, misalnya azimuth titik barat 270° adalah sama dengan -90° .

⁷³ Slamet Hambali, *Ilmu Falak Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia*, (Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011), hlm. 52.

⁷⁴ Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, (Jogjakarta: Buana Pustaka, 2005), hlm. 40.

⁷⁵ Lihat Encup Supriatna, *Hisab Rukyat & Aplikasinya*, (Bandung: Refika Aditama, 2007), hlm. xi

⁷⁶ A. Jamil, *Ilmu Falak (Teori & Aplikasi) Arah Qiblat, Awal Waktu, dan Awal Tahun (Hisab Kontemporer)*, (Jakarta: Amzah, 2009), hlm. 17

Dan rumus azimuth matahari (A_o) adalah;⁷⁷

$$\text{Cotan } A_o = -\text{Sin } \Phi^x : \text{Tan } t_o + \text{Cos } \Phi^x . \text{Tan } \delta_o : \text{Sin } t_o$$

Keterangan:

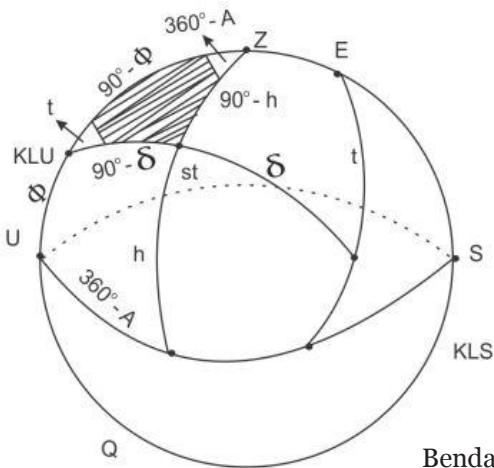
t_o = Sudut Waktu Matahari

Φ^x = Lintang Daerah

δ_o = Deklinasi Matahari

A_o = Azimuth Matahari

Perhatikan gambar ilustrasi permukaan bola langit berikut;



Gambar 3.2

Azimuth (A)

Benda Langit Matahari (St)

Melihat rumus trigonometri yang digunakan dalam penentuan azimuth benda langit, dalam hal ini benda langit matahari, trigonometri dalam rumus tersebut adalah sinus, cosinus, tangen dan cotangen.

⁷⁷ Lihat Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), hlm. 98.

3. Kajian Trigonometri pada Rumus Tinggi Benda Langit

Tinggi benda langit dalam hal ini tinggi Hilal adalah *Irtifa al-Hilal* (ketinggian hilal) yaitu ketinggian hilal dihitung sepanjang lingkaran vertikal dari ufuk sampai hilal itu. Dalam astronomi dikenal dengan istilah *Altitude*. Harga ketinggian suatu benda langit bertanda positif (+) jika benda langit itu berada di atas ufuk. Dan jika berada di bawah ufuk, bertanda negatif (-).

Adapaun rumus tinggi hilal (h_c) adalah;⁷⁸

$$\sin h_c = \sin \Phi^x \cdot \sin \delta_c + \cos \Phi^x \cdot \cos \delta_c \cdot \cos t_c$$

Keterangan:

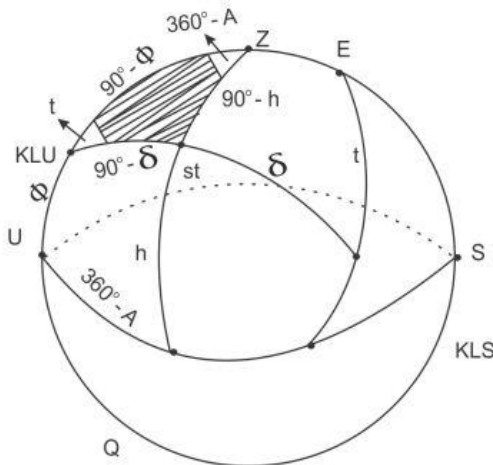
t_c = Sudut Waktu Bulan

Φ^x = Lintang Daerah

δ_c = Deklinasi Bulan

h_c = Tinggi Bulan

Perhatikan gambar ilustrasi permukaan bola langit berikut;



Gambar 4.3

Tinggi (H)

Benda Langit Hilal (St)

⁷⁸ Lihat Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), hlm. 100.

Melihat rumus trigonometri yang digunakan dalam penentuan tinggi benda langit, dalam hal ini benda langit bulan, trigonometri dalam rumus tersebut adalah sinus dan cosinus.

4. Kajian Trigonometri pada Rumus Azimuth Bulan

Pembahasan azimuth bulan hampir sama dengan pembahasan azimuth matahari, yang membedakan hanya benda langit yang akan diukur azimuthnya. Oleh karena itu rumus azimuth Bulan (A_C) sama dengan rumus azimuth matahari, hanya saja datanya yang berbeda.

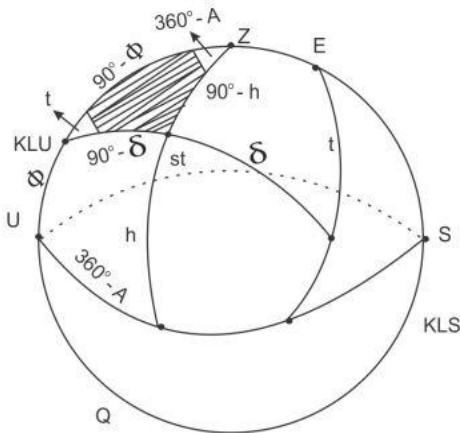
$$\text{Cotan } A_C = -\text{Sin } \Phi^x : \text{Tan } t_C + \text{Cos } \Phi^x . \text{Tan } \delta_C : \text{Sin } t_C$$

Keterangan:

t_C = Sudut Waktu Bulan A_C = Azimuth Bulan

Φ^x = Lintang Daerah δ_C = Deklinasi Bulan

Perhatikan gambar ilustrasi permukaan bola langit berikut;



Gambar 4.4

Azimuth (A)

Benda Langit Bulan (St)

Melihat rumus trigonometri yang digunakan dalam penentuan azimuth benda langit, dalam hal ini benda langit bulan, trigonometri dalam rumus tersebut adalah sinus, cosinus, tangen dan cotangen

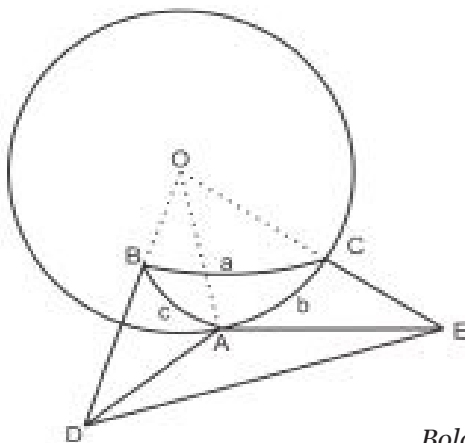
Penjelasan tentang posisi, keadaan dan keberadaan hilal pada masuknya awal bulan baru qamariyah dapat ditentukan dengan cara menghitung selisih antara azimuth matahari dan azimuth bulan. Sedangkan azimuth matahari dan azimuth bulan dapat dihitung dengan melibatkan data lintang daerah, sudut waktu matahari dan bulan, deklinasi matahari dan bulan. Pembahasan lebih detail meliputi cara menentukan sudut waktu, deklinasi suatu benda langit dan sebagainya akan dibahas pada bab berikutnya sebagai telaah aplikasi rumus trigonometri dalam penentuan posisi dan keadaan akhir bulan qamariyah pada teori penentuan awal bulan qamariyah.

Sebagai pengetahuan dasar dalam kajiannya, dibahas rumus dasar trigonometri pada segitiga bola atau yang disebut sebagai aturan hukum cosinus dan sinus pada segitiga bola. Dengan demikian, akan lebih mudah dalam memahami aplikasi trigonometri dalam penentuan posisi dan keadaan akhir bulan qamariyah pada teori penentuan awal bulan qamariyah.

C. KAJIAN TRIGONOMETRI PADA SEGITIGA BOLA

1. Aturan Cosinus pada Segitiga Bola

Perhatikan gambar berikut;



Gambar; 4.5
Aplikasi Segitiga
Bola Pada Bidang Datar

Bola yang bertitik pusat di O dan titik-titik A, B dan C pada kulit bola membentuk segitiga bola ABC. Sisi b digambarkan pada lingkaran besar yang berimpit dengan bidang kertas, sedangkan sisi a dan sisi c tidak perlu digambarkan dengan seluruh bagian lingkaran besarnya. Garis AD dan AE masing-masing sebagai garis singgung sisi c dan sisi b di A, sehingga sudut DAE adalah sudut A segitiga bola ABC itu. Sudut OAD sama dengan sudut OAE, yaitu $90^\circ 90^\circ$. Sudut DOA sama dengan sisi c dan sudut EOC sama dengan sisi b.⁷⁹

Perhatikan segitiga bidang ODA dapat dibentuk persamaan-persamaan (no. 1-6) dan segitiga bidang OEA (no. 7-12):

$$1. \sin c = \frac{AD}{OD}$$

$$7. \sin b = \frac{AE}{OE}$$

$$2. \cos c = \frac{OA}{OD}$$

$$8. \cos b = \frac{OA}{OE}$$

$$3. \tan c = \frac{AD}{OA}$$

$$9. \tan b = \frac{AE}{OA}$$

$$4. \csc c = \frac{OD}{AD}$$

$$10. \csc b = \frac{OE}{AE}$$

$$5. \sec c = \frac{OD}{OA}$$

$$11. \sec b = \frac{OE}{OA}$$

$$6. \cot c = \frac{OA}{AD}$$

$$12. \cot b = \frac{OA}{AE}$$

Perhatikan pula segitiga bidang ADE merupakan segitiga sembarang ($DE \neq AD \neq AE$) dan berlaku aturan cosinus pada segitiga bidang datar salah satunya adalah:

$$DE^2 = AD^2 + AE^2 - 2 AD \cdot AE \cos A \dots\dots\dots \text{Pers.}$$

⁷⁹ Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*, (Jakarta: Dikti Islam Kemenag RI, 2012), hlm. 99

4.1

Dengan memasukkan $AD = OA \tan c$ (dari no. 3) dan $AE = OA \tan b$ (dari no. 9) ke dalam pers. 3.1 diperoleh:

$$DE^2 = AD^2 + AE^2 - 2 AD \cdot AE \cos A$$

$$DE^2 = (OA \tan c)^2 + (OA \tan b)^2 - 2 (OA \tan c) \cdot (OA \tan b) \cos A$$

$$DE^2 = OA^2 \tan^2 c + OA^2 \tan^2 b - OA^2 2 \tan c \tan b \cos A$$

$$DE^2 = OA^2 (\tan^2 c + \tan^2 b - 2 \tan c \tan b \cos A) \dots\dots \text{Pers. 4.2}$$

Panjang DE juga dapat dihitung (tetap sama menggunakan aturan cosinus) berdasarkan segitiga bidang DOE;

$$DE^2 = OD^2 + OE^2 - 2 OD \cdot OE \cos a \dots\dots\dots \text{Pers. 4.3}$$

Dan memasukkan $OD = OA \sec c$ (pers. no. 5) dan $OE = OA \sec b$ (pers. no. 11) ke dalam pers. 3.3, akan diperoleh;

$$DE^2 = OD^2 + OE^2 - 2 OD \cdot OE \cos a$$

$$DE^2 = (OA \sec c)^2 + (OA \sec b)^2 - 2 (OA \sec c) \cdot (OA \sec b) \cos a$$

$$DE^2 = OA^2 \sec^2 c + OA^2 \sec^2 b - OA^2 2 \sec c \sec b \cos a$$

$$DE^2 = OA^2 (\sec^2 c + \sec^2 b - 2 \sec c \sec b \cos a) \dots\dots \text{Pers. 4.4}$$

Diketahui pers. 4.2 sama dengan pers. 4.4 maka menghasilkan;

$$\sec^2 c + \sec^2 b - 2 \sec c \sec b \cos a = \tan^2 c + \tan^2 b - 2 \tan c \tan b \cos A$$

$$\sec^2 c + \sec^2 b - 2 \sec c \sec b \cos a = \tan^2 c + \tan^2 b - 2 \tan c \tan b \cos A$$

$$2 \sec c \sec b \cos a = \sec^2 c + \sec^2 b - \tan^2 c - \tan^2 b + 2 \tan c \tan b \cos A$$

$$\cos a = \frac{\sec^2 c + \sec^2 b - \tan^2 c - \tan^2 b + 2 \tan c \tan b \cos A}{2 \sec c \sec b}$$

$$\cos a = \frac{1 + \tan^2 c + 1 + \tan^2 b - \tan^2 c - \tan^2 b + 2 \tan c \tan b \cos A}{2 \sec c \sec b}$$

$$\cos a = \frac{1 + 1 + 2 \tan c \tan b \cos A}{2 \sec c \sec b}$$

$$\cos a = \frac{2}{2 \sec c \sec b} + \frac{2 \tan c \tan b \cos A}{2 \sec c \sec b}$$

$$\cos a = \frac{1}{\sec c \sec b} + \frac{\tan c \tan b \cos A}{\sec c \sec b} \dots\dots\dots \text{Pers. 4.5}$$

Kemudian jika pers. no. 3 dibagi pers. no. 5, maka diperoleh;

$$\begin{aligned} \frac{\tan c}{\sec c} &= \left(\frac{AD}{OA} \right) \div \left(\frac{OD}{OA} \right) \\ &= \left(\frac{AD}{OD} \right) = \sin c \text{ (lihat pers. no. 1).} \end{aligned}$$

Dan pers. no. 9 dibagi pers. no. 11, maka diperoleh persamaan;

$$\begin{aligned} \frac{\tan b}{\sec b} &= \left(\frac{AE}{OA} \right) \div \left(\frac{OE}{OA} \right) \\ &= \left(\frac{AE}{OE} \right) = \sin b \text{ (lihat pers. no. 7).} \end{aligned}$$

Dan perhatikan persamaan (no. 5 dan 11) berikut:

$$\frac{1}{\sec c \sec b} = \frac{1}{\frac{OD}{OA} \cdot \frac{OE}{OA}} = \frac{OA^2}{OD \cdot OE} \dots\dots\dots \text{Pers. A}$$

Dan persamaan (no. 2 dan 8)

$$\cos c \cos b = \frac{OA}{OD} \times \frac{OA}{OE} = \frac{OA^2}{OD \cdot OE} \dots\dots\dots \text{Pers. B}$$

Ternyata pers. A sama dengan pers. B, maka kembali ke pers. 3.5 diperoleh:

$$\cos a = \frac{1}{\sec c \sec b} + \frac{\tan c \tan b \cos A}{\sec c \sec b}$$

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A \dots\dots\dots \text{Pers. 4.6}$$

Masing-masing pers. 4.6 sampai dengan pers. 4.8 menjelaskan hubungan antara ketiga sisi dengan salah satu sudut segitiga bola ABC. Ketiga persamaan itu merupakan rumus dasar dan biasa disebut sebagai **rumus cosinus**.⁸⁰ Dan sebenarnya dari ketiga persamaan terakhir ini, masih dapat diturunkan beberapa persamaan-persamaan yang diperoleh dari penggabungan rumus *cosinus*.⁸¹

2. Aturan Sinus pada Segitiga Bola

*“Selanjutnya adalah tiga rumus penting yang diturunkan dari rumus dasar di atas”.*⁸²

Maksud tiga rumus penting itu adalah hukum/aturan sinus. Dan aturan sinus diturunkan dari aturan cosinus segitiga bola yang telah dijelaskan sebelumnya.

Perhatikan langkah penurunan rumus berikut.

Tulis kembali pers. 4.6

$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$, dan dapat diganti sebagai berikut:

$$\sin b \sin c \cos A = \cos a - \cos b \cos c$$

80 Baca Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*, (Jakarta: Dikti Islam Kemenag RI, 2012), hlm. 100

81 Baca Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*, (Jakarta: Dikti Islam Kemenag RI, 2012), hlm. 102

82 Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*, (Jakarta: Dikti Islam Kemenag RI, 2012), hlm. 100

Jika kedua ruas tersebut dipangkat dua, akan diperoleh;

$$\sin^2 b \sin^2 c \cos^2 A = (\cos a - \cos b \cos c)^2$$

$$\cos^2 A = \frac{(\cos a - \cos b \cos c)^2}{\sin^2 b \sin^2 c}$$

$$\cos^2 A = \frac{(\cos a - \cos b \cos c)(\cos a - \cos b \cos c)}{\sin^2 b \sin^2 c}$$

$$\cos^2 A = \frac{\cos^2 a - 2 \cos a \cos b \cos c + \cos^2 b \cos^2 c}{\sin^2 b \sin^2 c} \dots\dots\dots \text{Pers. 4.9}$$

Ingat identitas trigonometri dasar, bahwa “ $1 = \sin^2 \theta + \cos^2 \theta$ ”,

sehingga dapat dituliskan $\cos^2 A = 1 - \sin^2 A$ dan $\sin^2 b = 1 - \cos^2 b$

serta $\sin^2 c = 1 - \cos^2 c$ Pers. 4.9

menjadi;

$$1 - \sin^2 A = \frac{\cos^2 a - 2 \cos a \cos b \cos c + \cos^2 b \cos^2 c}{\sin^2 b \sin^2 c}$$

$$\sin^2 A = 1 - \frac{\cos^2 a - 2 \cos a \cos b \cos c + \cos^2 b \cos^2 c}{\sin^2 b \sin^2 c}$$

$$\sin^2 A =$$

$$\frac{\sin^2 b \sin^2 c}{\sin^2 b \sin^2 c} - \frac{\cos^2 a - 2 \cos a \cos b \cos c + \cos^2 b \cos^2 c}{\sin^2 b \sin^2 c}$$

$$\sin^2 A =$$

$$\frac{(\sin^2 b \sin^2 c) - (\cos^2 a - 2 \cos a \cos b \cos c + \cos^2 b \cos^2 c)}{\sin^2 b \sin^2 c}$$

$$\sin^2 A =$$

$$\frac{((1 - \cos^2 b)(1 - \cos^2 c)) - (\cos^2 a - 2 \cos a \cos b \cos c + \cos^2 b \cos^2 c)}{\sin^2 b \sin^2 c}$$

$$\sin^2 A =$$

$$\frac{1 - \cos^2 c - \cos^2 b + \cos^2 b \cos^2 c - \cos^2 a + 2 \cos a \cos b \cos c - \cos^2 b \cos^2 c}{\sin^2 b \sin^2 c}$$

$$\sin^2 A = \frac{1 - \cos^2 c - \cos^2 b - \cos^2 a + 2 \cos a \cos b \cos c}{\sin^2 b \sin^2 c}$$

atau

$$\sin^2 b \sin^2 c \sin^2 A =$$

$$1 - \cos^2 a - \cos^2 b - \cos^2 c + 2 \cos a \cos b \cos c \dots \text{Pers. 4.10}$$

Apabila langkah-langkah di atas dilakukan untuk persamaan aturan cosinus lainnya (pers. 4.7 dan pers. 4.8), maka masing-masing persamaan itu akan menghasilkan;

$$\sin^2 a \sin^2 c \sin^2 B = \sin^2 a \sin^2 c \sin^2 B =$$

$$1 - \cos^2 a - \cos^2 b - \cos^2 c + 2 \cos a \cos b \cos c \dots \text{Pers. 4.11,}$$

dan

$$\sin^2 a \sin^2 b \sin^2 C =$$

$$1 - \cos^2 a - \cos^2 b - \cos^2 c + 2 \cos a \cos b \cos c \dots \text{Pers. 4.12,}$$

Dengan perubahan di atas, terlihat bahwa ruas kanan dari ketiga persamaan terakhir di atas sama persis, sehingga dapat di simpulkan;

$$\sin^2 b \sin^2 c \sin^2 A = \sin^2 a \sin^2 c \sin^2 B = \sin^2 a \sin^2 b \sin^2 C$$

$$\sin^2 b \sin^2 c \sin^2 A = \sin^2 a \sin^2 c \sin^2 B$$

$$\sin^2 b \sin^2 A = \sin^2 a \sin^2 B$$

$$\frac{\sin^2 A}{\sin^2 a} = \frac{\sin^2 B}{\sin^2 b} \dots\dots\dots \text{Pers. 4.13}$$

$$\sin^2 a \sin^2 c \sin^2 B = \sin^2 a \sin^2 b \sin^2 C$$

$$\sin^2 c \sin^2 B = \sin^2 b \sin^2 C$$

$$\frac{\sin^2 B}{\sin^2 b} = \frac{\sin^2 C}{\sin^2 c} \dots\dots\dots \text{Pers. 4.14}$$

Pers. 4.13 = Pers. 4.14, maka diperoleh;

$$\frac{\sin^2 A}{\sin^2 a} = \frac{\sin^2 B}{\sin^2 b} = \frac{\sin^2 C}{\sin^2 c} \quad \text{atau} \quad \pm \frac{\sin A}{\sin a} = \pm \frac{\sin B}{\sin b} = \pm \frac{\sin C}{\sin c}$$

Tanda \pm ditulis karena dapat bernilai positif dan negatif hasil dari pengakarannya. Namun, oleh karena sudut dan sisi-sisi sebuah segitiga bola selalu kurang dari 180° maka $\sin a$, $\sin b$, $\sin c$, $\sin A$, $\sin B$, dan $\sin C$ semua bernilai positif, sehingga dapat dituliskan:⁸³ (ingat pembahasan tanda-tanda perbandingan trigonometri sudut-sudut di semua kuadran).

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c} \dots\dots\dots \text{Pers. 4.15.}$$

Rumus ini disebut *rumus sinus*. Rumus ini memberikan arti bahwa perbandingan sinus antara sudut-sudut segitiga bola, harganya sama dengan perbandingan sinus sisi di hadapan sudut-sudut yang bersangkutan.⁸⁴

83 A. Jamil, *Ilmu Falak (Teori & Aplikasi) Arah Qiblat, Awal Waktu, dan Awal Tahun (Hisab Kontemporer)*, (Jakarta: Amzah, 2009), hlm. 59.

84 Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*, (Jakarta: Dikti Islam Kemenag RI, 2012), hlm. 101



BAGIAN V

TELAAH APLIKASI RUMUS TRIGONOMETRI PADA FORMULA HISAB AWAL BULAN QAMARIYAH

Sebagaimana pembahasan yang telah dipaparkan bahwa matematika memiliki peran besar dalam proses perkembangan dan kemajuan kehidupan manusia. Hal itu dapat dilihat, Pada abad ke-21 ini matematika telah menjadi alat untuk penemuan prinsip sains baru; penciptaan komputer, pengarahannya lalu lintas dan komunikasi; penggunaan energi atom; penemuan biji tambang baru; peramalan pertumbuhan penduduk; penemuan mesin baru; pengembangan strategi permainan; pembuatan vaksin dan obat baru; navigasi angkasa luar; peramalan cuaca; dan dengan matematikalah, para astronom bisa mengukur jarak planet satu ke planet lainnya.⁸⁵ Dengan demikian, tak berlebihan kiranya banyak ahli matematika mengatakan bahwa “*Mathematics is the queen as well as the servant of all sciences*” (Matematika adalah ratu sekaligus pelayan semua ilmu

⁸⁵ Baca Abdul Halim Fathani, *Matematika: Hakikat & Logika*, (Yogyakarta: Ar-Ruzz Media, 2009), hlm. 10-11

pengetahuan).⁸⁶

Munculnya trigonometri dalam bidang ilmu Astronomi sangat memiliki peran signifikan. Dapat dikatakan demikian, karena ukuran jarak benda-benda langit tidak mungkin diukur menggunakan penggaris. Akan tetapi, dihitung dengan metode skala-skala dan sudut-sudut (trigonometri), sehingga dapat diperkirakan ukurannya secara lebih tepat dan akurat.

Dalam penentuan awal bulan Qamariyah, tak lepas dari penggunaan rumus trigonometri. Pasalnya, dalam menentukan posisi dan keadaan hilal akhir bulan – sebelum awal bulan– yang akan ditentukan ini menggunakan rumus trigonometri. Dan dalam proses penentuan posisi dan keadaan hilal tersebut, terdapat algoritma–algoritma yang harus diselesaikan terlebih dahulu yang mengikutsertakan rumus trigonometri pula. Berikut merupakan telaah aplikasi rumus trigonometri dalam penentuan posisi dan keadaan hilal akhir bulan pada teori penentuan awal bulan Qamariyah.

A. RUMUS TRIGONOMETRI DALAM MENGHITUNG SUDUT WAKTU MATAHARI

Sebagaimana dinyatakan pada bab sebelumnya rumus trigonometri dalam penentuan sudut waktu matahari adalah:

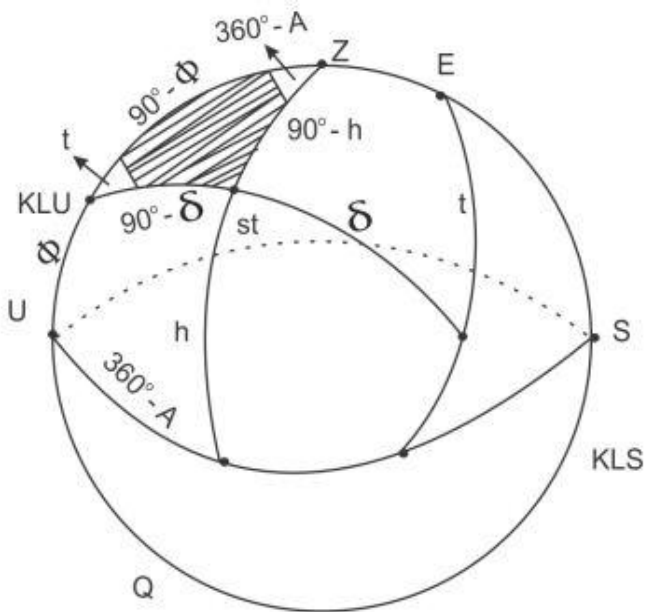
$$\cos t_o = -\tan \Phi^* . \tan \delta_o + \sin h_o : \cos \Phi^* : \cos \delta_o$$

sehingga data yang diperlukan dalam perhitungan tersebut adalah lintang suatu daerah, deklinasi benda langit dalam hal ini adalah matahari, dan tinggi matahari. Berikut ini merupakan penjelasan telaah lebih detail tentang aplikatif rumus trigonometri. Pertama, rumus trigonometri dalam penentuan sudut waktu matahari.

Perhatikan gambar berikut;⁸⁷

⁸⁶ Frans Susilo, *Landasan Matematika*, (Yogyakarta: Graha Ilmu, 2012), hlm. V

⁸⁷ Lihat Direktorat Jenderal Pembinaan Kelembagaan Agama Islam dan Direktorat Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, *Pedoman Perhitungan Awal Bulan Qamariyah*,



Gambar 5.1 Benda Langit (St)

Keterangan:

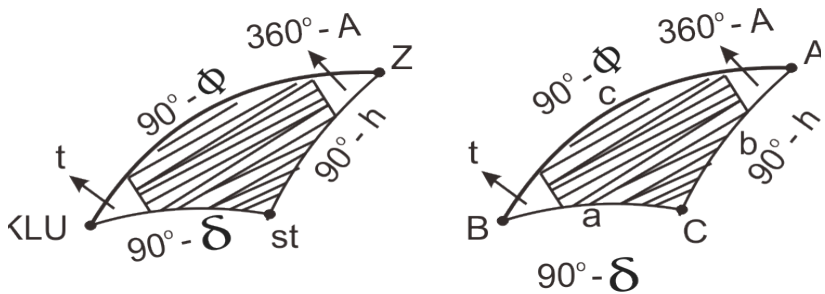
| | | | |
|--------|-------------------------|----------|---|
| Z | = Zenith | KLU | = Kutub langit utara |
| KLS | = kutub langit selatan | U | = Utara |
| S | = Selatan | st | = Benda langit |
| h | = Tinggi benda langit | δ | = Deklinasi |
| t | = Sudut waktu | A | = Azimuth = $360^\circ - A$ |
| Φ | = Lintang tempat (kota) | E | = Garis lingkaran equator (katulistiwa) |

Dari gambar 4.1 terlihat sebuah segitiga bola yang tersusun oleh tiga lingkaran besar. Secara berurutan tiga lingkaran tersebut

(Jakarta: Departemen Agama Republik Indonesia, 1995), hlm. 22

masing-masing melalui titik KLU dan titik Z dari lingkaran besar KLU, Z, E, S, KLS, Q, U dan Φ (lingkaran meridian). Lingkaran dari titik KLU (kutub langit utara) sampai titik KLS (kutub langit selatan) yang melalui titik st dari lingkaran besar KLU, st, δ , dan KLS. Melalui titik Z dan titik st dari lingkaran Z, st, dan h (lingkaran vertikal).

Berikut gambar segitiga bola pada permukaan bola langit gambar 4.1 tersebut.



Gambar 5.2 Tranformasi Segitiga Klu, St, Z
Menjadi Segitiga B, C, A.

Tujuan diubah menjadi segitiga bola dengan titik-titik sudut B, C, A dengan sisi berurutan b, c, a adalah memudahkan dalam merujuk kembali teori rumus trigonometri dalam segitiga bola.

| | |
|--------------------------------|-------------------------|
| Sehingga diperoleh; | Dengan sisi-sisi; |
| $B = KLU = t$ | $a = 90^\circ - \delta$ |
| $C = st = \text{benda langit}$ | $b = 90^\circ - h$ |
| $A = Z = 360^\circ - A$ | $c = 90^\circ - \Phi$ |

Merujuk pada aturan cosinus dalam segitiga bola bahwa berlaku rumus;

$$\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B$$

Dan persamaan itu dapat diubah bentuknya menjadi

$$\sin a \sin c \cos B = \cos b - \cos a \cos c$$

$$\begin{aligned}\cos B &= \frac{\cos b}{\sin a \sin c} - \frac{\cos a \cos c}{\sin a \sin c} \\ &= \cos b \cdot \frac{1}{\sin a} \cdot \frac{1}{\sin c} - \frac{\cos a}{\sin a} \cdot \frac{\cos c}{\sin c}\end{aligned}$$

Ingat bahwa $\frac{1}{\sin a} = \operatorname{cosec} a$,

begitu juga dengan $\frac{1}{\sin c} = \operatorname{cosec} c$

dan $\frac{\cos a}{\sin a} = \cotg a$, dan $\frac{\cos c}{\sin c} = \cotg c$

maka diperoleh;

$$\cos B = \cos b \cdot \operatorname{cosec} a \cdot \operatorname{cosec} c - \cotg a \cdot \cotg c \dots\dots\dots \text{pers. 5.1.}$$

dan pers. 5.1. diubah menjadi

$$\begin{aligned}\cos t &= \cos (90^\circ - h) \cdot \operatorname{cosec} (90^\circ - \delta) \cdot \operatorname{cosec} (90^\circ - \Phi) - \\ &\cotg (90^\circ - \delta) \cdot \cotg (90^\circ - \Phi)\end{aligned}$$

Ingat kembali tentang sudut-sudut berelasi,

$$\cos t = \sin h \cdot \sec \delta \cdot \sec \Phi - \tan \delta \tan \Phi$$

$$\cos t = -\tan \Phi \tan \delta + \sin h \cdot \sec \Phi \cdot \sec \delta$$

$$\cos t = -\tan \Phi \tan \delta + \sin h : \cos \Phi : \cos \delta \dots\dots\dots \text{pers. 5.2}$$

Sehingga dapat dibuktikan dan diperoleh rumus trigonometri dan aplikasinya dalam penentuan sudut waktu matahari adalah;

$$\cos t_o = -\tan \Phi^x \cdot \tan \delta_o + \sin h_o : \cos \Phi^x : \cos \delta_o$$

Keterangan:

t_o = Sudut Waktu Matahari

Φ^x = Lintang Daerah

δ_o = Deklinasi Matahari

h_o = Tinggi Matahari

Dengan bantuan gambar 5.2 tersebut pula akan dapat diperoleh persamaan-persamaan trigonometri lainnya yang merupakan penurunan dari aturan rumus cosinus segitiga bola. Di antara persamaan trigonometri yang tertuang dalam rumus diantaranya rumus azimuth, rumus tinggi dan dapat diturunkan rumus deklinasi suatu benda langit.

B. RUMUS TRIGONOMETRI DALAM MENGHITUNG AZIMUTH MATAHARI

Rumus menghitung azimuth matahari pada teori penentuan awal bulan qamariyah adalah:

$$\text{Cotan } A_o = -\text{Sin } \Phi^x : \text{Tan } t_o + \text{Cos } \Phi^x . \text{Tan } \delta_o : \text{Sin } t_o$$

sehingga data yang diperlukan dalam perhitungan tersebut adalah lintang suatu daerah, sudut waktu matahari, dan deklinasi matahari. Dengan bantuan gambar 5.2 dapat pula dijelaskan aplikasi rumus trigonometri dalam menghitung azimuth matahari yang merupakan salah satu algoritma pada teori penentuan awal bulan qamariyah.

Dalam aturan cosinus dalam segitiga bola berlaku rumus adalah; $\text{cos } a = \text{cos } b \text{ cos } c + \text{sin } b \text{ sin } c \text{ cos } A$ dan

$\text{cos } b = \text{cos } a \text{ cos } c + \text{sin } a \text{ sin } c \text{ cos } B$. Untuk tujuan dapat menghasilkan rumus trigonometri menghitung azimuth matahari, substitusikan

pers. $\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$

ke dalam pers. $\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B$.

Maka

$$\cos a = (\cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B) \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\cos a = \cos a \cos^2 c + \sin a \sin c \cos B \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\cos a - \cos a \cos^2 c = \sin a \sin c \cos B \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

Ingat bahwa $\cos^2 c = 1 - \sin^2 c$

$$\cos a - \cos a (1 - \sin^2 c) = \sin a \sin c \cos B \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\cos a - \cos a + \sin^2 c \cos a = \sin a \sin c \cos B \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\sin^2 c \cos a = \sin a \sin c \cos B \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

Kedua ruas dibagi oleh $\sin a \sin c$, maka;

$$\frac{\sin^2 c \cos a}{\sin a \sin c} = \frac{\sin a \sin c \cos B \cos c}{\sin a \sin c} + \frac{\sin b \sin c \cos A}{\sin a \sin c}$$

$$\sin c \cotg a = \cos B \cos c + \frac{\sin b}{\sin a} \cos A$$

Berlaku $\frac{\sin b}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin A}$ dalam aturan sinus, maka;

$$\sin c \cotg a = \cos B \cos c + \frac{\sin B}{\sin A} \cos A$$

$$\sin c \cotg a = \cos B \cos c + \frac{\cos A}{\sin A} \sin B$$

$$\sin c \cotg a = \cos B \cos c + \sin B \cotg A$$

$$\sin B \cotg A = \sin c \cotg a - \cos B \cos c$$

$$\cotg A = \frac{\sin c \cotg a - \cos B \cos c}{\sin B}$$

$$\cotg A = \frac{\sin c \cotg a}{\sin B} - \frac{\cos B \cos c}{\sin B}$$

$$\cotg A = \sin c \cotg a \frac{1}{\sin B} - \cos c \cotg B$$

Diperoleh rumus berikut;

$$\cotg A = \sin c . \cotg a . \operatorname{cosec} B - \cos c . \cotg \dots \text{pers. 5.3}$$

Dan pers. 4.3 tersebut diubah menjadi;

$$\cotg (360^\circ - A) = \sin (90^\circ - \Phi) . \cotg (90^\circ - \delta) . \operatorname{cosec} t - \cos (90^\circ - \Phi) . \cotg t$$

$$- \cotg A = \cos \Phi . \tan \delta . \operatorname{cosec} t - \sin \Phi . \cotg t$$

$$\cotg A = - \cos \Phi . \tan \delta . \operatorname{cosec} t + \sin \Phi . \cotg t$$

Perlu diperhatikan, nilai A tidak negatif (karena menunjukkan jarak besarnya azimuth⁸⁸), maka;

$$\cotg A = \cos \Phi . \tan \delta . \operatorname{cosec} t - \sin \Phi . \cotg t$$

$$\cotg A = \cos \Phi . \tan \delta . \operatorname{cosec} t - \sin \Phi . \cotg t$$

$$\cotg A = - \sin \Phi . \cotg t + \cos \Phi . \tan \delta . \operatorname{cosec} t$$

atau

⁸⁸ jarak dari titik utara ke lingkaran vertikal yang dilalui matahari, diukur sepanjang lingkaran horizon searah jarum jam, melalui arah timur, titik selatan sampai titik barat.

$$\cotg A = -\sin \Phi : \tan t + \cos \Phi . \tan \delta : \sin t \dots \text{pers. 5.4}$$

Sehingga dapat dibuktikan dan diperoleh rumus trigonometri dan aplikasinya dalam penentuan azimuth matahari adalah;

$$\text{Cotan } A_o = -\text{Sin } \Phi^x : \text{Tan } t_o + \text{Cos } \Phi^x . \text{Tan } \delta_o : \text{Sin } t_o$$

Keterangan:

t_o = Sudut Waktu Matahari

Φ^x = Lintang Daerah

δ_o = Deklinasi Matahari

A_o = Azimuth Matahari

Rumus tersebut untuk menghitung besarnya harga azimuth yang diukur dari titik utara, barat, sampai selatan (berlawanan dengan arah jarum jam). Sehingga untuk mengetahui besarnya azimuth matahari dari arah titik utara ke lingkaran vertikal yang dilalui matahari, melalui arah timur, titik selatan sampai titik barat. (searah jarum jam), maka azimuthnya adalah $360^\circ - A_o$.

C. APLIKASI RUMUS TRIGONOMETRI DALAM MENGHITUNG TINGGI HILAL HAKIKI

Kegunaan/aplikasi trigonometri dalam bidang astronomi (ilmu perbintangan) yang merupakan bagian dari ilmu falak, tak berhenti hanya pengaplikasian dalam perhitungan sudut waktu dan azimuth matahari saja. Sebagai serangkaian algoritma penentuan awal bulan qamariyah, maka trigonometri dapat diaplikasikan dalam menghitung tinggi hilal hakiki. Adapun rumus yang ada dalam teorinya adalah;

$$\sin h_c = \sin \Phi^x \cdot \sin \delta_c + \cos \Phi^x \cdot \cos \delta_c \cdot \cos t_c$$

Berikut ini adalah penelaahan rumus tersebut yang digunakan dalam perhitungan tinggi benda langit pada umumnya. Dan dalam hal ini adalah tinggi bulan hakiki. Masih sama dengan melihat kembali gambar 5.2, maka berlaku aturan cosinus segitiga bola sebagai berikut;

$$\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B$$

rumus tersebut diubah menjadi,

$$\cos (90^\circ - h) = \cos (90^\circ - \delta) \cdot \cos (90^\circ - \Phi) +$$

$$\sin (90^\circ - \delta) \cdot \sin (90^\circ - \Phi) \cdot \cos t$$

$$\sin h = \sin \delta \cdot \sin \Phi + \cos \delta \cdot \cos \Phi \cdot \cos t$$

atau

$$\sin h = \sin \Phi \cdot \sin \delta + \cos \Phi \cdot \cos \delta \cdot \cos t \dots\dots \text{pers. 5.5}$$

Sehingga dapat dibuktikan dan diperoleh rumus trigonometri dan aplikasinya dalam penentuan tinggi hilal hakiki adalah;

$$\sin h_c = \sin \Phi^x \cdot \sin \delta_c + \cos \Phi^x \cdot \cos \delta_c \cdot \cos t_c$$

Keterangan:

t_c = Sudut Waktu Bulan

Φ^x = Lintang Daerah

δ_c = Deklinasi Bulan

h_c = Tinggi Bulan

D. APLIKASI RUMUS TRIGONOMETRI DALAM MENGHITUNG AZIMUTH BULAN

Selain diterapkan dalam menghitung azimuth matahari, rumus trigonometri dalam segitiga bola ini pun dapat digunakan menghitung azimuth bulan. Pada dasarnya sama antara azimuth matahari dan azimuth bulan, yakni sama-sama menghitung azimuth benda langit. Yang membedakan adalah objek perhitungannya (benda langit yang berbeda).

Oleh karena itu, rumus trigonometri dalam menghitung azimuth bulan adalah;

$$\text{Cotan } A_c = -\sin \Phi^x : \tan t_c + \cos \Phi^x \cdot \tan \delta_c : \sin t_c$$

Keterangan:

t_c = Sudut Waktu Bulan

A_c = Azimuth Bulan

Φ^x = Lintang Daerah

δ_c = Deklinasi Bulan

Penulis berhasil menurunkan rumus dalam menghitung azimuth suatu benda langit dengan menggunakan rumus selain di atas. Dari aturan cosinus segitiga bola bahwa;

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

melihat segitiga bola pada gambar 5.2, sehingga pers. tersebut menjadi;

$$\begin{aligned} \cos (90^0 - \delta) &= \cos (90^0 - h) \cdot \cos (90^0 - \Phi) + \sin (90^0 - h) \cdot \\ &\quad \sin (90^0 - \Phi) \cdot \cos (360^0 - A) \end{aligned}$$

$$\sin \delta = \sin h \cdot \sin \Phi + \cos h \cdot \cos \Phi \cdot \cos A$$

atau diubah menjadi;

$$\cos h \cdot \cos \Phi \cdot \cos A = \sin \delta - \sin h \cdot \sin \Phi$$

$$\cos A = \frac{\sin \delta - \sin h \cdot \sin \Phi}{\cos h \cdot \cos \Phi}$$

$$\cos A = \frac{\sin \delta}{\cos h \cdot \cos \Phi} - \frac{\sin h \cdot \sin \Phi}{\cos h \cdot \cos \Phi}$$

$$\cos A = \sin \delta \cdot \sec h \cdot \sec \Phi - \tan h \cdot \tan \Phi \dots\dots\dots \text{pers. 5.6}$$

Sehingga rumus yang dapat diturunkan selain rumus

$$\cotg A = - \sin \Phi : \tan t + \cos \Phi \cdot \tan \delta : \sin t \text{ adalah}$$

$$\cos A = \sin \delta \cdot \sec h \cdot \sec \Phi - \tan h \cdot \tan \Phi.$$

Maka, dengan menggunakan pers, 5.6 rumus menghitung azimuth matahari adalah;

$$\cos A_o = \sin \delta_o \cdot \sec h_o \cdot \sec \Phi^x - \tan h_o \cdot \tan \Phi^x$$

dan rumus menghitung azimuth bulan adalah;

$$\cos A_c = \sin \delta_c \cdot \sec h_c \cdot \sec \Phi^x - \tan h_c \cdot \tan \Phi^x$$

Perlu diperhatikan, rumus azimuth suatu benda langit dapat dihitung jika data yang sudah diketahui meliputi deklinasi dan tinggi benda langit serta lintang suatu daerah. Namun, pada rumus sebelumnya bisa dipakai menghitung azimuth benda langit dengan data meliputi deklinasi dan sudut waktu benda langit serta data lintang daerah.

Selain rumus-rumus diatas, sebenarnya masih dapat diturunkan banyak persamaan-persamaan dalam aplikasinya pada bidang astronomi. Salah satunya adalah; rumus trigonometri dalam menghitung deklinasi benda langit yakni rumus yang diturunkan dari

aturan cosinus segitiga bola pula,

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

melihat segitiga bola pada gambar 4.2, sehingga pers. tersebut menjadi;

$$\cos (90^0 - \delta) = \cos (90^0 - h) \cdot \cos (90^0 - \Phi) + \sin (90^0 - h) \cdot \sin (90^0 - \Phi) \cdot \cos (360^0 - A)$$

$$\sin \delta = \sin h \cdot \sin \Phi + \cos h \cdot \cos \Phi \cdot \cos A \dots \text{pers. 5.7}$$

Persamaan 5.7 merupakan rumus trigonometri yang berhasil diturunkan dari aturan cosinus segitiga bola dan dapat digunakan untuk menghitung deklinasi suatu benda langit, jika tinggi, azimuth benda langit, dan lintang daerah tersebut sudah diketahui.

Dengan demikian rumus deklinasi matahari menggunakan persamaan 5.7 adalah;

$$\sin \delta_o = \sin h_o \cdot \sin \Phi^x + \cos h_o \cdot \cos \Phi^x \cdot \cos A_o$$

dan rumus deklinasi bulan adalah;

$$\sin \delta_c = \sin h_c \cdot \sin \Phi^x + \cos h_c \cdot \cos \Phi^x \cdot \cos A_c$$

Berikut ini adalah contoh menghisab penentuan awal bulan qamariyah dan penulis akan mencoba menentukan azimuth suatu benda langit dengan rumus yang penulis berhasil turunkan yakni dengan

$$\cos A_o = \sin \delta_o \cdot \sec h_o \cdot \cos \Phi^x - \tan h_o \cdot \tan \Phi^x$$

E. CONTOH CARA PRAKTIS MENGHISAB AWAL BULAN QAMARIYAH SISTEM EPHEMERIS

Berikut ini adalah contoh perhitungan penentuan awal bulan qamariyah yang melibatkan rumus-rumus trigonometri yang telah dibahas sebelumnya. Contoh ini diambil dari buku Ahmad Izzuddin (2012: 96-103). Dan contoh ini disampaikan sebagai langkah menjadikan pemahaman yang lebih mendalam.

Menghisab awal bulan Ramadhan 1433 H untuk markaz (tempat) Semarang dengan data astronomis: lintang daerah Semarang (ϕ^x) = $-7^{\circ}00'$ LS, bujur Semarang (λ^x) = $-110^{\circ}24'$ BT dan tinggi tempat Semarang = 200 m.

Langkah-langkah yang harus ditempuh:

1. PERKIRAAN AKHIR BULAN

Menghitung perkiraan akhir Sya'ban 1433 H

29 Sya'ban 1433 H secara astronomi berarti

1432 th + 7 bl + 29 hari

$$1432/30^{89} = 47 \text{ daur} + 22 \text{ tahun} + 7 \text{ bl} + 29 \text{ hari.}$$

$$47 \text{ daur} \times 10631^{90} = 499657 \text{ hari}$$

$$22 \text{ th} = (22 \times 354) + 8^{91} = 7796 \text{ hari}$$

$$7 \text{ bl} = (30 \times 4) + (29 \times 3)^{92} = 207 \text{ hari}$$

⁸⁹ 1 siklus dalam tahun hijriyah yakni 30 tahun dengan 19 tahun basithoh dan 11 tahun kabisat.

⁹⁰ Jumlah hari dalam 1 siklus tahun hijriyah (30 tahun) yakni 354×19 di tambah 355 x 11.

⁹¹ Ditambah 6 hari karena dalam 15 tahun terdapat 6 tahun kabisat. Untuk mengetahui jumlah tahun kabisatnya, angka tahun di bagi 30 jika sisanya terdapat angka 2, 5, 7, 10, 13, 15, 18, 21, 24, 26, dan 29. umur bulan dzulhijjah untuk kabisat 30 hari.

⁹² Jumlah hari dalam tahun hijriyah: Muharam 30 hari, Shafar 59 hari, Rabiul Awal 89 hari, Rabiul Akhir 118 hari, Jumadil Awal 148 hari, Jumadil Akhir 177 hari, Rajab 207 hari, Sya'ban 236 hari, Ramadhan 266 hari, Syawal 295 hari, Dzulqadah 325 hari, dan Dzulhijjah 354

29 h = 29 hari

dan $499657 \text{ hari} + 7796 \text{ hari} + 207 \text{ hari} + 29 \text{ hari} = 507689 \text{ hari}^{93}$

Tafawut⁹⁴ (Anggaran M - H) = 227016 hari^{95}

Anggaran baru Gregorius⁹⁶ $(10 + 3) = 13 \text{ hari}$

dan $507689 \text{ hari} + 227016 \text{ hari} + 13 \text{ hari} = 734718 \text{ hari}^{97}$

$734718/1461^{98} = 502 + 1296 \text{ hari}$

$502 \text{ siklus} = 502 \times 4 = 2008$

$1296^{99}/365 = 3 \text{ th} + 201 \text{ hari}$

/ 355 hari.

93 Dari data 505238 hari, bisa digunakan untuk mencari hari dan pasaran dengan cara jika untuk mencari hari dengan dibagi 7 dengan sisa berapa, dihitung dari hari Jumat, sedangkan untuk pasaran dibagi 5 dengan sisa berapa, dihitung dari pasaran legi. Contoh untuk 507689 dibagi 7, sisa 0 (7) berarti hari kamis, sedangkan pasaran dibagi 5 sisa 4 berarti wage, jadi untuk 29 sya'ban 1433 H jatuh pada hari kamis wage.

94 Artinya selisih, yakni selisih antara dua data. Tafawut ini digunakan pula sebagai harga selisih hari antara umur suatu bulan dengan tanggal permulaan zodiac yang ada pada bulan itu. Misalnya umur bulan Maret = 31 hari, sementara permulaan zodiac aries adalah 21 Maret. Jadi tafawutnya adalah $31 - 21 = 10$. Tafawut ini digunakan untuk menghitung perkiraan kedudukan matahari pada ekliptika.

95 Ini jumlah hari ini penentuan 1 Muharam 1 H yakni 15 Juli 622 M (155 tahun kabisat, 466 tahun bashitah (226820 hari) + 181 (bulan juli) + 15 hari

96 Disebut juga Gregorian adalah suatu sistem kalender penanggalan syamsiyah yang diproklamirkan penggunaannya oleh paus Gregorius XIII pada tanggal 15 Oktober 1582. Ia melakukan koreksi terhadap penanggalan Julius sebanyak 10 hari serta menetapkan bahwa tahun kabisat adalah bilangan tahun yang habis dibagi empat, kecuali bilangan abad yang tidak habis dibagi empat. Menurut kalender Gregorian satu tahun berumur 365.2422 hari.

97 Dari data ini juga bisa digunakan untuk mencari hari dan pasaran, dengan cara untuk hari dengan dibagi 7 sisa berapa, dihitung dari hari Ahad, sedangkan untuk pasaran dibagi 5 sisa berapa, dihitung dari pasaran pahing (pahing – pon – wage – kliwon – legi).

98 Jumlah hari dalam 1 siklus tahun Masehi (1 kabisat 366 hari dan 3 tahun bashitah 365 hari).

99 Untuk jumlah hari masehi bashitah / kabisat = januari (30), Februari (59/60), Maret (90/91), April (120/121), Mei (151/152), Juni (181/182), Juli (212/213), Agustus (243/244), September (273/274), Oktober (304/305), November (334/335), dan Desember (365/366).

$$201 \text{ hari} / 30,4 = 6 \text{ bl} + 19 \text{ hari}$$

Sehingga menjadi 19 hari + 6 bl + (03 + 2008) tahun (yang sudah dilewati), maka menjadi 19 Juli 2012 hari Kamis Wage.

2. IJTIMAK AKHIR BULAN

Mencari saat Ijtimak akhir Sya'ban 1433 H

a. FIB terkecil pada tanggal 19 Juli 2012 adalah 0,00127 dalam tabel terjadi pada jam 4 GMT

b. ELM¹⁰⁰ (*Thul al-syamsi*) pada jam 4 GMT = $116^{\circ}53'46''$
 $116^{\circ}53'46''$

c. ALB¹⁰¹ (*Thul al-qamar*) pada jam 4 GMT = $116^{\circ}41'19''$
 $116^{\circ}41'19''$

d. Sabak Matahari (SM) per-jam (selisih antara 2 data berikut)

$$\text{ELM 4 GMT} = 116^{\circ}53'46''$$

$$\text{ELM 5 GMT} = 116^{\circ}56'09''$$

$$\text{Sehingga sabak matahari}^{102} \text{ adalah} = 0^{\circ}2'23''$$

e. Sabak Bulan (SB) per-jam (selisih antara 2 data berikut)

$$\text{ALB 4 GMT} = 116^{\circ}41'19''$$

$$\text{ALB 5 GMT} = 117^{\circ}13'06''$$

100 Bujur astronomi matahari, yaitu busur sepanjang lingkaran ekliptika ke arah timur diukur dari titik aries sampai matahari. Dalam ilmu falak dikenal pula dengan nama *Taqwimis Syams* atau *Muqawwamus Syams*.

101 Bujur astronomi bulan, yaitu busur sepanjang lingkaran ekliptika ke arah timur diukur dari titik aries sampai bujur astronomi yang melewati bulan. Dalam ilmu falak dikenal pula dengan nama *Taqwimu Qamar* atau *Muqawwamul Qamar*.

102 Gerak matahari pada lintasannya selama satu jam.

Sehingga sabak bulan¹⁰³ adalah = $0^{\circ} 31' 47''$

f. Saat Ijtimak adalah adalah

$$\text{jam FIB} + \frac{(\text{ELM} - \text{ALB})}{(\text{SB} - \text{SM})} + 7 \text{ jam WIB}$$

$$\text{Ijtimak} = \text{jam 4} + \frac{(116^{\circ} 53' 46'' - 116^{\circ} 41' 19'')}{(0^{\circ} 31' 47'' - 0^{\circ} 2' 23'')} + 7 \text{ jam WIB}$$

Perhitungannya jam 4 + $0^{\circ} 25' 24,49''$ + 7 jam WIB

Jadi Ijtimak terjadi pada jam 11:25:24,49 WIB

3. POSISI DAN KEADAAN HILAL AKHIR BULAN

Menghitung posisi dan hilal akhir Sya'ban 1433 H

a. Ijtimak akhir Sya'ban 1433 H terjadi pada hari kamis Wage tgl 19

Juli 2012 pada pukul 11:25:24,49 WIB

b. Mencari sudut waktu Matahari ($t_o t_o$) dan saat Matahari terbenam

Data:

Deklinasi Matahari¹⁰⁴ (δ_o) jam 11 GMT = $20^{\circ} 43' 18''$

Equation of Time¹⁰⁵ (e) = $-0^{\circ} 06' 20''$

Dip¹⁰⁶ = $0^{\circ} 1',76 \times \sqrt{200} = 0^{\circ} 24' 53,41''$

¹⁰³ Gerak bulan pada lintasannya selama satu jam.

¹⁰⁴ Disebut *Mailus Syams*, yaitu jarak sepanjang lingkaran deklinasi dihitung dari equator sampai matahari.

¹⁰⁵ Disebut Ta'dilul *Waqti*, yaitu selisih waktu antara waktu matahari hakiki dengan waktu matahari rata-rata. Equation of time diartikan dengan perata waktu.

¹⁰⁶ Kerendahan ufuk, yaitu perbedaan kedudukan antara ufuk yang sebenarnya (haki-ki) dengan ufuk yang terlihat (mar'i) oleh seorang pengamat.

$$\text{Refraksi}^{107} \text{ Semi Diameter} = 0^\circ 34' 30''$$

$$\text{Semi Diameter}^{108} = 0^\circ 16' 7,20''$$

c. Rumus tinggi Matahari

$$h = 0 - s.d - \text{Refr} - \text{Dip}$$

$$\text{jadi } h \text{ Matahari} = -1^\circ 15' 30,61''$$

d. Rumus sudut waktu Matahari terbenam

$$\cos t_o = -\tan \Phi^x \cdot \tan \delta_o + \sin h_o : \cos \Phi^x : \cos \delta_o$$

$$\text{Jadi sudut waktu matahari } (t_o) = 88^\circ 41' 38,65''$$

e. Mencari saat matahari terbenam

Rumus:

$$\text{to: } 15 + 12 - e + \text{KWD (Koreksi}^{109} \text{ Waktu Daerah)}$$

$$\text{to: } 15 = 5^\circ 54' 46,58''$$

$$\text{kulminasi}^{110} = 12$$

$$\text{Equation of Time (e)} = -0^\circ 06' 20''$$

$$\text{KWD } (105^\circ - 110^\circ 24'): 15 = -0^\circ 21' 36''$$

$$\text{Jadi saat matahari terbenam (ghurub)} = 17: 39: 30 \text{ WIB}$$

¹⁰⁷ Artinya pembiasan sinar, yaitu perbedaan antara tinggi suatu benda langit yang terlihat dengan tinggi benda langit itu yang sebenarnya sebagai akibat adanya pembiasan sinar. Pembiasan sinar ini terjadi karena sinar yang datang ke mata kita telah melalui lapisan-lapisan atmosfer. Sehingga posisi benda langit itu tampak lebih tinggi dari posisi yang sebenarnya. Pembiasan sinar bagi benda langit yang berada di zenith adalah . Semakin rendah posisi benda langit semakin besar harga pembiasan sinarnya. Untuk benda langit yang sedang terbenam atau piringan atasnya bersinggungan dengan ufuk maka harga pembiasan sinarnya sekitar .

¹⁰⁸ Disebut *Nishful Quthur*, yaitu jarak antara titik pusat piringan benda langit dengan piringan luarnya, atau seperdua garis tengah piringan benda langit. Dalam ilmu falak semi diameter adalah jari-jari.

¹⁰⁹ Disebut *Ta'dil* atau penyalarsan.

¹¹⁰ Disebut *Ghayatul irtifa'* atau tinggi kulminasi, yaitu besarnya sudut sepanjang lingkaran meridian langit yang dihitung dari titik utara atau titik selatan sampai titik pusat suatu benda langit ketika berkulminasi atas.

- f. Azimuth Matahari saat ghurub (A_o)

Rumus:

$$\text{Cotan } A_o = -\sin \Phi^x : \tan t_o + \cos \Phi^x \cdot \tan \delta_o : \sin t_o$$

$$\begin{aligned} \text{Data } LT &= -7^\circ 00' \text{ LS} \\ t_o &= 88^\circ 41' 38,65'' \\ \delta_o &= 20^\circ 43' 18' \end{aligned}$$

Jadi azimuth matahari adalah $69^\circ 16' 31,9''$

$$\begin{aligned} \text{Azimuth matahari } (A_o) &= 360^\circ - 69^\circ 16' 31,9'' \\ &= 290^\circ 43' 28,1'' \end{aligned}$$

- g. Menentukan *Apparent Right Ascension* matahari (*almathalai' al-baladiyah*)¹¹¹

$$\text{Rumus menta'dil} = A - (A - B) \times C : I$$

A = data satar awal

B = data satar tsani

C = tambah waktu / data yang dicari

I = selisih dari satar awal dengan satar tsani

$$\begin{aligned} \text{Data } AR_o \text{ 10 GMT} &= 119^\circ 11' 07'' \\ AR_o \text{ 11 GMT} &= 119^\circ 13' 37'' \\ 119^\circ 11' 07'' - (119^\circ 11' 07'' - 119^\circ 13' 37'') \times 0^\circ 39' 30'' : 1 \end{aligned}$$

Jadi *Apparent Right Ascension* matahari (*almathalai' al-baladiyah*) memiliki nilai sebesar $119^\circ 12' 45''$

- h. Menentukan *Apparent Right Ascension* bulan (*almathalai' al-baladiyah*)

¹¹¹ Busur sepanjang lingkaran equator yang dihitung mulai titik aries (haml) kea rah timur sampai ke titik perpotongan antara lingkaran equator dengan lingkaran deklinasi yang melalui benda langit itu. Disebut juga dengan nama *Asensio Rekta* yang artinya panjatan tegak.

Rumus menta'dil = $A - (A - B) \times C : I$

Data AR_C 10 GMT = $121^\circ 07' 11''$

AR_C 11 GMT = $121^\circ 39' 15''$

$121^\circ 07' 11'' - (121^\circ 07' 11'' - 121^\circ 39' 15'') \times 0^\circ 39' 30'' : 1$

Jadi Apparent Right Ascension bulan (almathalai' al-baladiyah)
adalah sebesar $121^\circ 28' 17''$

- i. Menentukan sudut waktu bulan

Rumus:

$t_C = AR_o - AR_C + t_o$

$119^\circ 12' 45'' - 121^\circ 28' 17'' + 88^\circ 41' 38,65''$

Jadi sudut waktu bulan $86^\circ 26' 06,02''$

- j. Menentukan deklinasi bulan (δ_C)

Rumus deklinasi bulan = $A - (A - B) \times C : I$

Data 10 GMT = $16^\circ 02' 05''$

11 GMT = $15^\circ 53' 56''$

$16^\circ 02' 05'' - (16^\circ 02' 05'' - 15^\circ 53' 56'') \times 0^\circ 39' 30'' : 1$

Jadi deklinasi bulan $15^\circ 56' 43,07''$

- k. Menentukan tinggi hilal hakiki (h_C)

Rumus:

$\sin h_C = \sin \Phi^x \cdot \sin \delta_C + \cos \Phi^x \cdot \cos \delta_C \cdot \cos t_C$

Data $\Phi^x = -7^\circ 0' \text{ LS}$

$\delta_C = 15^\circ 56' 43,07''$

$t_C = 86^\circ 26' 06,02''$

Jadi tinggi hilal hakiki $1^\circ 28' 55,18''$

- l. Koreksi yang diperlukan untuk mengetahui tinggi hilal mar'i

1) Menentukan parallak¹¹² untuk mengurangi tinggi hilal hakiki

- Menentukan horizontal parallax

Rumus: $A - (A - B) \times C : I$

Data HP 10 GMT = $0^{\circ} 56' 01''$

 HP 11 GMT = $0^{\circ} 56' 02''$

$$0^{\circ} 56' 01'' - (0^{\circ} 56' 01'' - 0^{\circ} 56' 02'') \times 0^{\circ} 39' 30'' : 1$$

Jadi parallax = $0^{\circ} 56' 01,66''$

- Menentukan parallax dengan rumus $HP \times \cos$

$$0^{\circ} 56' 01,66'' \times \cos 1^{\circ} 28' 55,18'' = 0^{\circ} 56' 00,53''$$

Jadi parallax = $0^{\circ} 56' 00,53''$

2) Menentukan semi diameter dengan rumus $A - (A - B) \times C : I$

Data s.d 10 GMT = $0^{\circ} 15' 15,75''$

 s.d 11 GMT = $0^{\circ} 15' 16,09''$

$$0^{\circ} 15' 15,75'' - (0^{\circ} 15' 15,75'' - 0^{\circ} 15' 16,09'') \times 0^{\circ} 39' 30'' : 1$$

Jadi semi diameter = $0^{\circ} 15' 15,97''$

3) Menghitung refraksi untuk menambah tinggi hilal hakiki

Dengan rumus ta'dil $A - (A - B) \times C : I$

Data Refr $1^{\circ} 25'$ = $0^{\circ} 19,5'$

 Refr $0^{\circ} 31'$ = $0^{\circ} 19,1'$

$$0^{\circ} 19,5' - (0^{\circ} 19,5' - 0^{\circ} 19,1') \times 0^{\circ} 39' 30'' : 6$$

¹¹² Disebut juga *Ikhtilaful Mandzar* atau beda lihat, yaitu beda lihat terhadap suatu benda langit bila dilihat dari titik pusat bumi dengan dilihat dari permukaan bumi. Dalam ilmu falak, parallaks ini diformulasikan dengan besarnya suatu sudut antara dua garis yang ditarik dari benda langit ke titik pusat bumi dan garis yang ditarik dari benda langit tersebut ke mata peninjau di permukaan bumi. Parallaks ini berubah-ubah harganya setiap saat tergantung pada jarak antara benda langit tersebut dengan bumi dan tergantung pula dengan ketinggian benda langit itu dari ufuk. Semakin jauh jaraknya semakin kecil harga parallaksnya. Begitu pula semakin tinggi posisi benda langit dari ufuk semakin kecil pula harga parallaksnya.

$$0^{\circ} 19,5' - (0^{\circ} 19,5' - 0^{\circ} 19,1') \times 0^{\circ} 39' 30'' : 6$$

$$\text{Jadi refraksi} = 0^{\circ} 19' 27,37''$$

m. Menghitung tinggi hilal mar'i ()

Dengan rumus:

$$\begin{aligned} h'_C h'_C &= h_C - \text{parallax} + s.d + \text{Refr} + \text{Dip} \\ &= 1^{\circ} 28' 55,18'' - 0^{\circ} 56' 00,53'' + 0^{\circ} 15' 15,97'' + \\ &\quad 0^{\circ} 19' 27,37'' + 0^{\circ} 24' 53,41'' \\ &= 1^{\circ} 32' 31,4'' \end{aligned}$$

$$\text{Jadi tinggi hilal mar'i} = 1^{\circ} 32' 31,4''$$

n. Menghitung mukuts¹³ / lama hilal di atas ufuk

$$\begin{aligned} \text{Rumus: } h'_C : 15 \\ &= 1^{\circ} 32' 31,4'' : 15 \\ &= 0^{\circ} 06' 10,09'' \end{aligned}$$

o. Menghitung azimuth Bulan (A_C)

Rumus:

$$\text{Cotan } A_C = -\text{Sin } \Phi^x : \text{Tan } t_C + \text{Cos } \Phi^x . \text{Tan } \delta_C : \text{Sin } t_C$$

$$\begin{aligned} \text{Data } \Phi^x &= -7^{\circ} 0' \text{ LS} \\ t_C &= 86^{\circ} 26' 06,02'' \\ \delta_C \delta_C &= 15^{\circ} 56' 43,07'' \end{aligned}$$

$$\text{Jadi azimuth bulan} = 73^{\circ} 44' 12,13''$$

$$\begin{aligned} \text{Azimuth bulan } (A_C) &= 360^{\circ} - 73^{\circ} 44' 12,13'' \\ &= 286^{\circ} 15' 47'' \end{aligned}$$

113 Disebut *Qausul Muktsi* , yaitu jarak atau busur sepanjang lintasan harian bulan diukur dari titik pusat bulan ketika matahari terbenam sampai titik bulan ketika ia terbenam. Mukuts ini dapat digunakan untuk mengetahui lama hilal di atas ufuk setelah matahari terbenam, yaitu mukuts dibagi 15.

p. Menghitung posisi hilal

$$\begin{aligned}\text{Rumus} &= A_o - A_c \\ &= 290^\circ 43' 28,1'' - 286^\circ 15' 47''\end{aligned}$$

Hasilnya $4^\circ 27' 41,1''$ di selatan matahari terbenam

Kesimpulan:

1. Ijtima' akhir Sya'ban 1433 H terjadi pada hari kamis wage, tanggal 9 Juli 2012 pada pukul 11: 25: 24,49 WIB
2. Matahari terbenam (ghurub) pada pukul 17: 39: 30 WIB
3. Tinggi hilal hakiki = $1^\circ 28' 55,18''$
4. Tinggi hilal mar'i = $1^\circ 32' 31,4''$
5. Mukuts / lama hilal di atas ufuk = $0^\circ 06' 10,09''$
6. Azimuth Bulan = $286^\circ 15' 47''$
7. Azimuth Matahari = $290^\circ 43' 28,1''$
8. Posisi hilal $4^\circ 27' 41,1''$ di selatan matahari terbenam (miring ke selatan).

Jadi 1 ramadhan 1433 H diperkirakan jatuh pada hari sebtu Legi, 21 Juli 2012.

PERHATIKAN !!!!

Ini adalah uji coba ketepatan ekuivalen rumus yang berhasil penulis turunkan. Sehingga bisa menambah khazanah rumus tentang hisab awal bulan Qamariyah. Adapun rumusnya adalah rumus menentukan azimuth benda langit. Berikut akan diberikan contoh menentukan azimuth matahari (data-data dari contoh di atas).

Rumus : (yang sudah ada)

$$\text{Cotan } A_o = -\sin \Phi^x : \tan t_o + \cos \Phi^x \cdot \tan \delta_o : \sin t_o$$

Data Φ^x (Lintang Tempat) = $-7^\circ 00' \text{ LS}$

t_o (Sudut Waktu) = $88^\circ 41' 38,65''$

δ_o (deklinasi Matahari) = $20^\circ 43' 18''$

Jadi azimuth matahari adalah $69^\circ 16' 31,9''$

Azimuth matahari (A_o) = $360^\circ - 69^\circ 16' 31,9''$
= $290^\circ 43' 28,1''$

Rumus : (yang berhasil penulis turunkan)

$$\cos A_o = \sin \delta_o \cdot \sec h_o \cdot \sec \Phi^x - \tan h_o \cdot \tan \Phi^x$$

Data Φ^x (Lintang Tempat) = $-7^\circ 00' \text{ LS}$

h_o (Tinggi Matahari) = $-1^\circ 15' 30,61''$

δ_o (deklinasi Matahari) = $20^\circ 43' 18''$

Jadi azimuth matahari adalah $69^\circ 16' 31,9''$

Azimuth matahari (A_o) = $360^\circ - 69^\circ 16' 31,9''$
= $290^\circ 43' 28,1''$

Dengan menggunakan kalkulator maupun komputer, kedua rumus yang berbeda dengan data yang berbeda pula dapat dihitung dan mendapatkan hasil yang sama. Artinya rumus yang berhasil penulis turunkan. Namun, penulis berharap ada yang bersedia meneliti lagi sebagai penjelasan yang lebih detail. Tidak menutup kemungkinan rumus tersebut adakah rumus ekuivalen dari rumus asalnya. Dan untuk menambah kemantapan terhadap rumus baru penulis. Pada bagian akhir terdapat lampiran penentuan awal bulan qamariyah dengan tahun yang berbeda. Dan penulis akan mencoba rumus tersebut.



BAGIAN VI

PENUTUP

Misteri trigonometri dalam awal bulan qamariyah, penulis hanya membatasi pada pembahasan tentang 4 rumus trigonometri saja, yakni rumus trigonometri yang digunakan untuk menghitung sudut waktu, azimuth, maupun tinggi benda langit. Sehingga dapat disimpulkan sebagai berikut; *pertama*, rumus trigonometri dalam penentuan Sudut Waktu Matahari terbenam tidak berbeda jauh dengan aplikasi perhitungan trigonometri pada segitiga permukaan bidang datar. Hanya saja trigonometri dalam perhitungan sudut waktu matahari yang berasal dari salah satu sudut segitiga pada permukaan bola. Sehingga rumus yang digunakan untuk menentukannya adalah diturunkan dari aturan rumus cosinus segitiga bola, yaitu;

$\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B$ atau diubah menjadi

$$\cos B = \cos b . \operatorname{cosec} a . \operatorname{cosec} c - \cotg a . \cotg c$$

Selanjutnya ditransformasikan pada bola langit menjadi;

$$\cos t = \cos(90^\circ - h) . \operatorname{cosec} (90^\circ - \delta) . \operatorname{cosec} (90^\circ - \Phi) -$$

$$\cotg (90^\circ - \delta). \cotg (90^\circ - \Phi).$$

Maka diperoleh rumus;

$$\cos t_o = -\tan \Phi^x . \tan \delta_o + \sin h_o : \cos \Phi^x : \cos \delta_o.$$

Oleh karena itu, rumus trigonometri dalam aplikasinya pada penentuan sudut waktu matahari adalah menggunakan sin, cos, dan tan.

Kedua, penjelasan trigonometri dalam menentukan azimuth matahari saat ghurub berasal dari aturan cosinus segitiga bola pula, yaitu;

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A \dots\dots\dots \text{pers. 6.1 dan}$$

$$\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B \dots\dots\dots \text{pers. 6.2}$$

dan untuk tujuan dapat menghasilkan rumus trigonometri yang selanjutnya akan dapat digunakan menghitung azimuth matahari, maka mensubstitusikan pers. 6.1 ke dalam pers. 6.2 Maka;

$$\cos a = (\cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B) \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

yang akhirnya menghasilkan rumus;

$$\cotg A = \sin c . \cotg a . \operatorname{cosec} B - \cos c . \cotg B.$$

Ditransformasikan pada segitiga bola langit menjadi

$$\cotg (360^\circ - A) = \sin(90^\circ - \Phi) . \cotg (90^\circ - \delta).$$

$$\operatorname{cosec} t - \cos (90^\circ - \Phi) . \cotg t.$$

Karena yang dihitung adalah sebuah jarak dari titik satu ke titik lainnya (azimuth) sehingga selalu bernilai positif, maka diperoleh rumus;

$$\cotg A_o = -\sin \Phi^x : \tan t_o + \cos \Phi^x . \tan \delta_o : \sin t_o.$$

Oleh karena itu, rumus trigonometri dalam aplikasinya pada penentuan azimuth matahari adalah berupa sin, cos, tan dan cotg.

Adapun yang *ketiga*, mengenai rumus trigonometri dalam menentukan tinggi hilal hakiki, tidak berbeda dari aplikasinya dalam menentukan sudut waktu dan azimuth matahari. Berasal dari aturan cosinus segitiga bola, yaitu;

$$\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B$$

dan ditranformasikan pada segitiga bola langit menjadi

$$\cos (90^{\circ} - h) = \cos (90^{\circ} - \delta) \cdot \cos (90^{\circ} - \Phi) + \sin (90^{\circ} - \delta) \cdot$$

$$\sin (90^{\circ} - \Phi) \cdot \cos t$$

$$\text{atau } \sin h = \sin \Phi \cdot \sin \delta + \cos \Phi \cdot \cos \delta \cdot \cos t.$$

Maka diperoleh rumus;

$$\sin h_c = \sin \Phi^x \cdot \sin \delta_c + \cos \Phi^x \cdot \cos \delta_c \cdot \cos t_c.$$

Oleh karena itu, rumus trigonometri dalam aplikasinya pada penentuan tinggi hilal hakiki adalah sin dan cos.

Dan *keempat*, rumus trigonometri dalam penentuan azimuth bulan pada dasarnya sama dengan aplikasinya pada azimuth matahari karena sama-sama menghitung azimuth benda langit dan yang membedakan adalah objek perhitungannya (benda langit yang berbeda). Dengan demikian, rumus penentuan azimuth bulan hampir sama dengan rumus penentuan azimuth matahari, adalah;

$$\cotg A_c = -\sin \Phi^x : \tan t_c + \cos \Phi^x \cdot \tan \delta_c : \sin t_c.$$

Dan perlu disampaikan rumus azimuth tersebut digunakan jika data yang diketahui adalah sudut waktu dan deklinasi benda langit serta data lintang daerah. Namun, jika data yang diketahui meliputi dekli-

nasi dan tinggi benda langit serta lintang suatu daerah, maka rumus azimuth matahari adalah; (merupakan rumus temuan penulis).

$$\cos A_o = \sin \delta_o . \sec h_o . \cos \Phi^x - \tan h_o . \tan \Phi^x$$

dan rumus azimuth bulan adalah;

$$\cos A_c = \sin \delta_c . \sec h_c . \sec \Phi^x - \tan h_c . \tan \Phi^x$$

dan didapat rumus deklinasi suatu benda langit yaitu; (merupakan rumus temuan penulis)

$$\sin \delta = \sin h . \sin \Phi + \cos h . \cos \Phi . \cos A$$

Penulis katakan walaupun pembahasannya hanya fokus pada 4 rumus trigonometri yang benda langitnya adalah matahari dan hilal, namun tidak menutup kemungkinan rumus-rumus tersebut dapat digunakan pada benda-benda langit lainnya selama sesuai dengan aturannya.

Terdapat beberapa saran, sharing, dan harapan saya selaku penulis, bahwa aplikasi rumus trigonometri tidak hanya dalam bidang astronomi ilmu falak saja. Dalam kehidupan sehari-hari, masih banyak permasalahan yang diselesaikan dengan melibatkan rumus trigonometri tersebut. Seperti trigonometri pembangunan, trigonometri tentang sirkulasi, fungsi trigonometri dan sebagainya. Oleh karenanya, diharapkan penelitian ini memberikan motivasi dan *ghirrah* untuk mengkaji, meneliti, maupun menganalisis lagi konsep rumus trigonometri tersebut.

Diharapkan penelitian tentang aplikasi rumus trigonometri ini bisa menambah dan menjadi bahan referensi pada rak buku koleksi jurusan prodi matematika, melihat masih sedikit pembahasan tentang penelitian ini. Di samping itu, penelitian ini dapat menjadi inspirasi untuk menganalisis aplikasi konsep matematika lainnya.

Dengan adanya penelitian ini yang mengungkap asal usul apa dan bagaimana rumus trigonometri dalam formula hisab awal bulan qamariyah itu didapatkan, diharapkan dapat menambah pengetahuan khususnya bagi pegiat Falak. Semoga setelah buku ini diterbitkan dan dibaca, bermunculan penelitian-penelitian yang lebih mendalam dan varian tentang trigonometri.

Demikian Harapan penulis semoga temuan yang telah penulis usahakan ini semoga bermanfaat dan dapat memberi motivasi bagi seluruh insan yang haus akan ilmu untuk selalu berusaha mempelajari dan memperdalam ilmu matematika Falak khususnya dan seluruh ilmu yang ada pada umumnya.

Disinilah pembahasan buku ini berakhir. Akhirnya penulis haturkan segala puji syukur ke maharibaan Allah SWT. Atas segala karunia dan anugerah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan sebaik-baiknya. Segala bentuk ucapan terima kasih, penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu proses penyelesaian penelitian ini baik berupa moril maupun materiil. Hanya lantunan doa yang dapat penulis panjatkan kepada Allah SWT. Semoga Allah SWT memberikan sebaik-baiknya balasan.

Penulis adalah manusia biasa yang tidak akan pernah bisa lepas dari kesalahan dan kekurangan. Sehingga apapun yang ada dalam buku ini masih kurang sempurna. Oleh karena ini, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan buku ini.

Akhirnya penulis memohon keridhoan Allah SWT. Semoga buku ini bermanfaat bagi penulis maupun bagi para pembaca. Hanya kepada Allah SWT, penulis memohon pertolongan. Dan hanya kepada-Nya pula, penulis berserah diri. *Wallah A'lam bi ash-Shawab.*



Daftar Pustaka

DAFTAR PUSTAKA

- Ari Y, Rosihan., dkk, *Perspektif Matematika 1 untuk Kelas X SMA*, Solo: PT Tiga Serangkai Pustaka Mandiri, 2008.
- Arifin, Zainul, *Cara Menghitung dan Menentukan Arah Kiblat, Rashdul Kiblat, Awal Waktu Shalat, Kalender Penanggalan, Awal Bulan Qomariyah. (Hisab Kontemporer) Ilmu Falak*, Yogyakarta: Lukita, 2012.
- Ayres, Frank. dkk, *Schaum's Outline of Teori dan soal-soal Matematika Universitas*, Edisi Ketiga, Jakarta: Erlangga, 2004.
- Bird, John, *Matematika Dasar Teori dan Aplikasi Praktis Edisi ketiga*, (Jakarta: Erlangga, 2004.
- Bungin, M. Burhan, *Metodologi Penelitian Kuantitatif: Komunikasi, Ekonomi, dan Kebijakan Publik serta Ilmu-ilmu Sosial Lainnya*, Jakarta: Kencana, 2010.

- Direktorat Jenderal Pembinaan Kelembagaan Agama Islam dan Direktorat Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, *Pedoman Perhitungan Awal Bulan Qamariyah*, Jakarta: Departemen Agama Republik Indonesia, 1995.
- Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah Ditjen Bimas Islam, *Ephemeris Hisab dan rukyat*, Jakarta: departemen Agama RI, 2013.
- Djamaluddin, T. *Menggagas Fiqih Astronomi Telaah Hisab-Rukyat dan Pencarian Solusi Perbedaan Hari Raya*, Bandung: Kaki Langit, 2005.
- Fatahani, Abdul Halim, *Ensiklopedi Matematika*, Jogjakarta: Ar-Ruzz Media, 2010.
- , *Matematika: Hakikat & Logika*, Jogjakarta: Ar-Ruzz Media, 2009.
- Hambali, Slamet, *Ilmu Falak Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia*, Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011.
- Idris, M. dkk., *Kamus Mipa: Matematika, Fisika, Kimia, Biologi*, Jogjakarta: Ar-Ruzz Media, 2010.
- Izzuddin, Ahmad, *Fiqh Hisab Rukyah di Indonesia*, Yogyakarta: Logung Pustaka, 2003.
- , *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012.
- , *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*, Jakarta: Kemenag RI Dirjen Pendidikan Islam Dikti, 2012.
- Jamil, A., *Ilmu Falak (Teori & Aplikasi) Arah Kiblat, Awal Waktu, dan Awal Tahun (Hisab Kontemporer)*, Jakarta: Amzah, 2009.
- KBBI, Pusat Bahasa Departemen Pendidikan nasional, Jakarta: Balai

Pustaka, 2005.

Khazin, Muhyiddin *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik Perhitungan arak kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004.

-----, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2008.

-----, *Kamus Ilmu Falak*, Jogjakarta: Buana Pustaka, 2005.

Negoro, ST. dkk, *Ensiklopedia Matematika*, Bogor: Ghalia Indonesia, 2005.

-----, *Ensiklopedia Matematika*, Bogor: Ghalia Indonesia, 2010.

Republika.co.id, “Sumbangan Saintis Muslim dalam Geometri”, diakses 15 Desember 2012.

Salimi, Muchtar, *Ilmu Falak (penentuan Awal Waktu Sholat dan Arah Kiblat)*, Surakarta: Penerbit Fakultas Agama Islam UMS, 1997.

Santana K., Septiawan, *Menulis Ilmiah Metodologi Penelitian Kualitatif*, (Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia, 2010.

Soedjadi, R. *Kiat Pendidikan Matematika di Indonesia*, (Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, 2000.

Stroud, K.A. dkk, *Matematika Teknik*, terj. Ir. Zulkifli Harahap, Jakarta: Erlangga, 2003.

Sugiono, *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatis dan R&D)*, Bandung: Alfabeta, 2010.

Sujatmiko, Ponco, *The Essentials of Mathematics 1 for Grade VII of Junior High School and Islamic Junior High School*, Solo: PT Tiga Serangkai Pustaka Mandiri, 2010.

Sukino, dkk, dan Wilson Simangunsong, *Matematika untuk SMP Jilid 2 Kelas VIII*, Jakarta: Erlangga, 2007.

Supriatna, Encup, *Hisab Rukyat & Aplikasinya*, Bandung: Refika Aditama, 2007.

- Suprijanto, Sigit, dkk, *Matematika SMA Kelas XI*, Jakarta: Yudhistira, 2009.
- Susilo, Frans, *Landasan Matematika*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2012.
- Wirodikromo, Sartono, *Matematika Jilid I untuk SMA Kelas X*, Jakarta: Erlangga, 2007.
- Wikipedia ensiklopedi bebas, “Hisab dan rukyat”, dalam id.wikipedia.org, diakses 26 Februari 2013



LAMPIRAN - LAMPIRAN

1. Lampiran 1 :

Contoh Praktis Menghisab Awal Bulan Qamariyah System Ephemeris Tahun 2013

Menghisab awal bulan Ramadhan 1434 H untuk markaz (tempat) Semarang dengan data astronomis: lintang daerah Semarang (ϕ^x) = $-7^{\circ}00'$ LS, bujur Semarang (λ^x) = $-110^{\circ}24'$ BT dan tinggi tempat Semarang = 200 m.

Langkah-langkah yang harus ditempuh:

1. Menghitung perkiraan akhir Sya'ban 1434 H
29 Sya'ban 1434 H secara astronomi berarti
 $1433 \text{ th} + 7 \text{ bl} + 29 \text{ hari}$
 $1433/30 = 47 \text{ daur} + 23 \text{ tahun} + 7 \text{ bl} + 29 \text{ hari.}$
 $47 \text{ daur} \times 10631 = 499657 \text{ hari}$

$$\begin{aligned}
 23 \text{ th} &= (23 \times 354) + 8 = 8150 \text{ hari} \\
 7 \text{ bl} &= (30 \times 4) + (29 \times 3) = 207 \text{ hari} \\
 29 \text{ h} &= 29 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Dan

$$\begin{aligned}
 (499657 + 8150 + 207 + 29) \text{ hari} &= 508043 \text{ hari} \\
 \text{Tafawut (Anggaran M - H)} &= 227016 \text{ hari} \\
 \text{Anggaran baru Gregorius (10 + 3)} &= 13 \text{ hari} \\
 \text{Dan (507689 + 227016 + 13) hari} &= 735072 \text{ hari} \\
 735072/1461 &= 503 + 189 \text{ hari} \\
 503 \text{ siklus} &= 503 \times 4 = 2012 \\
 189 &= 189 \text{ hari} \\
 189 \text{ hari}/30,4 &= 6 \text{ bl} + 7 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Sehingga menjadi 7 hari + 6 bl + 2012 tahun (yang sudah dilewati), maka 29 Sya'ban 1434 H pada 8 Juli 2013M hari Senin Pon.

2. Mencari saat Ijtimak akhir Sya'ban 1434 H

a. FIB terkecil pada tanggal 8 Juli 2013 adalah 0,00150 dalam tabel terjadi pada jam 7 GMT

b. ELM (*Thul al-syamsi*) pada jam 7 GMT = $106^{\circ} 17' 23''$

c. ALB (*Thul al-qamar*) pada jam GMT = $106^{\circ} 10' 08''$

d. Sabak Mat ahari (SM) per-jam (selisih antara 2 data berikut)

ELM 7 GMT = $106^{\circ} 17' 23''$

ELM 8 GMT = $106^{\circ} 19' 46''$

Sehingga sabak matahari adalah = $0^{\circ} 2' 23''$

e. Sabak Bulan (SB) per-jam (selisih antara 2 data berikut)

ALB 7 GMT = $106^{\circ} 10' 08''$

ALB 8 GMT = $106^{\circ} 39' 51''$

Sehingga sabak bulan adalah = $0^{\circ} 29' 43''$

f. Saat Ijtimak adalah adalah jam FIB + $\frac{(\text{ELM} - \text{ALB})}{\text{SB} - \text{SM}}$ + 7 jam WIB

$$\text{Ijtimak} = \text{jam } 7 + \frac{(106^{\circ} 17' 23'' - 106^{\circ} 10' 08'')}{(0^{\circ} 29' 43'' - 0^{\circ} 2' 23'')} + 7 \text{ jam WIB}$$

$$\text{Perhitungannya jam } 7 + 0^{\circ} 15' 54,88'' + 7 \text{ jam WIB}$$

Jadi Ijtimak terjadi pada jam 14:15:54,88 WIB

3. Menghitung posisi dan hilal akhir Sya'ban 1434 H

- a. Ijtimak akhir Sya'ban 1433 H terjadi pada hari kamis Wage tgl 8 Juli 2013 pada pukul 14:15:54,88 WIB

- b. Mencari sudut waktu Matahari (t_o) dan saat Matahari terbenam

$$\text{Data: Deklinasi Matahari } (\delta_o) \text{ jam 11 GMT} = 22^{\circ} 25' 23''$$

$$\text{Equation of Time (e)} = -0^{\circ} 05' 06''$$

$$\text{Dip} = 0^{\circ} 1', 76 \times \sqrt{200} = 0^{\circ} 24' 53,41''$$

$$\text{Refraksi Semi Diameter} = 0^{\circ} 34' 30''$$

$$\text{Semi Diameter} = 15^{\circ} 43' 88''$$

- c. Rumus tinggi Matahari

$$h = 0 - s.d - \text{Refr} - \text{Dip}$$

$$\text{jadi } h \text{ Matahari} = -1^{\circ} 15' 7,29''$$

- d. Rumus sudut waktu Matahari terbenam

$$\cos t_o = -\tan \Phi^x \cdot \tan \delta_o + \sin h_o : \cos \Phi^x : \cos \delta_o$$

$$\text{Jadi sudut waktu matahari } (t_o) = 88^{\circ} 27' 40,91''$$

- e. Mencari saat matahari terbenam

Rumus:

$$t_o: 15 + 12 - e + \text{KWD (Koreksi Waktu Daerah)}$$

$$t_o: 15 = 5^{\circ} 53' 50,73''$$

$$\text{kulminasi} = 12$$

$$\text{Equation of Time (e)} = -0^{\circ} 05' 6''$$

$$\text{KWD } (105^{\circ} - 110^{\circ} 24'): 15 = -0^{\circ} 21' 36''$$

Jadi saat matahari terbenam (ghurub) = 17: 37: 20,73 WIB

- f. Azimuth Matahari saat ghurub (A_o)

Rumus:

$$\text{Cotan } A_o = -\sin \Phi^x : \tan t_o + \cos \Phi^x \cdot \tan \delta_o : \sin t_o$$

$$\begin{aligned}\text{Data LT} &= -7^\circ 00' \text{ LS} \\ t_o &= 88^\circ 27' 40,91'' \\ \delta_o &= 22^\circ 25' 40'\end{aligned}$$

Jadi azimuth matahari adalah $67^\circ 33' 19,24''$

$$\begin{aligned}\text{Azimuth matahari } (A_o) &= 360^\circ - 67^\circ 33' 19,24'' \\ &= 292^\circ 26' 40,7''\end{aligned}$$

- g. Menentukan Apparent Right Ascension matahari (almathalai' al-baladiyah)

$$\text{Rumus menta'dil} = A - (A - B) \times C : I$$

A = data satar awal

B = data satar tsani

C = tambah waktu / data yang dicari

I = selisih dari satar awal dengan satar tsani

$$\begin{aligned}\text{Data } AR_o \text{ 10 GMT} &= 107^\circ 47' 32'' \\ AR_o \text{ 11 GMT} &= 107^\circ 50' 06''\end{aligned}$$

$$107^\circ 47' 32'' - (107^\circ 47' 32'' - 107^\circ 50' 06'') \times 0^\circ 37' 20,73'' : 1$$

Jadi Apparent Right Ascension matahari (almathalai' al-baladiyah) memiliki nilai sebesar $107^\circ 49' 7,85''$

- h. Menentukan Apparent Right Ascension bulan (almathalai' al-baladiyah)

$$\text{Rumus menta'dil} = A - (A - B) \times C : I$$

$$\text{Data } AR_C \text{ 10 GMT} = 108^\circ 31' 00''$$

$$AR_C \text{ 11 GMT} = 109^\circ 01' 43''$$

$$108^\circ 31' 00'' - (108^\circ 31' 00'' - 109^\circ 01' 43'') \times 0^\circ 39' 30'' : 1$$

Jadi Apparent Right Ascension bulan (almathalai' al-baladiyah)
adalah sebesar $108^\circ 50' 7,13''$

- i. Menentukan sudut waktu bulan

Rumus:

$$t_C = AR_o - AR_C + t_o$$

$$107^\circ 49' 7,85'' - 108^\circ 50' 7,13'' + 88^\circ 41' 38,65''$$

Jadi sudut waktu bulan $87^\circ 26' 41,63''$

- j. Menentukan deklinasi bulan (δ_C)

Rumus deklinasi bulan = $A - (A - B) \times C : I$

$$\text{Data } 10 \text{ GMT} = 17^\circ 48' 51''$$

$$11 \text{ GMT} = 17^\circ 43' 52''$$

$$17^\circ 48' 51'' - (17^\circ 48' 51'' - 17^\circ 43' 52'') \times 0^\circ 39' 30'' : 1$$

Jadi deklinasi bulan $17^\circ 45' 44,89''$

- k. Menentukan tinggi hilal hakiki (h_C)

Rumus:

$$\sin h_C = \sin \Phi^x \cdot \sin \delta_C + \cos \Phi^x \cdot \cos \delta_C \cdot \cos t_C$$

$$\text{Data } \Phi^x = -7^\circ 0' \text{ LS}$$

$$\delta_C = 17^\circ 45' 44,89''$$

$$t_C = 87^\circ 26' 41,63''$$

Jadi tinggi hilal hakiki $0^\circ 17' 3,01''$

- l. Koreksi yang diperlukan untuk mengetahui tinggi hilal mar'i

- 1) Menentukan parallak untuk mengurangi tinggi hilal hakiki

- Menentukan horizontal parallax

Rumus: $A - (A - B) \times C : I$

Data HP 10 GMT = $0^{\circ} 54' 02''$

HP 11 GMT = $0^{\circ} 54' 02''$

$$0^{\circ} 54' 02'' - (0^{\circ} 54' 02'' - 0^{\circ} 54' 02'') \times 0^{\circ} 39' 30'' : 1$$

Jadi parallax = $0^{\circ} 54' 02''$

- Menentukan parallax dengan rumus $HP \times \cos h_c$

$$0^{\circ} 54' 02'' \times \cos 0^{\circ} 17' 3,01'' = 0^{\circ} 54' 1,96''$$

Jadi parallax = $0^{\circ} 54' 1,96''$

- 2) Menentukan semi diameter dengan rumus $A - (A - B) \times C : I$

Data s.d 10 GMT = $0^{\circ} 14' 43,44''$

s.d 11 GMT = $0^{\circ} 14' 43,53''$

$$0^{\circ} 14' 43,44'' - (0^{\circ} 14' 43,44'' - 0^{\circ} 14' 43,53'') \times 0^{\circ} 39' 30'' : 1$$

Jadi semi diameter = $0^{\circ} 14' 43,5''$

- 3) Menghitung refraksi untuk menambah tinggi hilal hakiki

$$0^{\circ} 17' 3,01''$$

Dengan rumus $\text{ta'dil } A - (A - B) \times C : I$

Data Refr $0^{\circ} 15'$ = $0^{\circ} 26' 48''$

Refr $0^{\circ} 19'$ = $0^{\circ} 26' 24''$

$$0^{\circ} 26' 48'' - (0^{\circ} 26' 48'' - 0^{\circ} 26' 24'') \times 0^{\circ} 17' 3,01'' : 4$$

Jadi refraksi = $0^{\circ} 26' 46,29''$

- m. Menghitung tinggi hilal mar'i (h'_c)

Dengan rumus:

$$h'_c = h_c - \text{parallax} + \text{s.d} + \text{Refr} + \text{Dip}$$

$$= 0^{\circ} 17' 3,01'' - 0^{\circ} 54' 1,96'' + 0^{\circ} 14' 43,5'' +$$

$$0^{\circ} 26' 46,29'' + 0^{\circ} 24' 53,41''$$

$$= 0^{\circ} 29' 24,25''$$

Jadi tinggi hilal mar'i = $0^{\circ} 29' 24,25''$

- n. Menghitung mukuts / lama hilal di atas ufuk

Rumus: $h'_C : 15$

$$= 0^{\circ} 29' 24,25'' : 15$$

$$= 0^{\circ} 1' 57,62''$$

- o. Menghitung azimuth Bulan (A_C)

Rumus:

$$\text{Cotan } A_C = -\sin \Phi^x : \tan t_C + \cos \Phi^x \cdot \tan \delta_C : \sin t_C$$

Data $\Phi^x = -7^{\circ} 0' \text{ LS}$

$$t_C = 87^{\circ} 26' 41,63''$$

$$\delta_C = 17^{\circ} 45' 44,89''$$

Jadi azimuth bulan = $72^{\circ} 3' 45,87''$

Azimuth bulan (A_C) = $360^{\circ} - 72^{\circ} 3' 45,87''$

$$= 287^{\circ} 56' 14,1''$$

- p. Menghitung posisi hilal

Rumus = $A_o - A_C$

$$= 292^{\circ} 26' 40,7'' - 287^{\circ} 56' 14,1''$$

Hasilnya $4^{\circ} 30' 26,57''$ di selatan matahari terbenam

Kesimpulan:

1. Ijtima' akhir Sya'ban 1434 H terjadi pada hari Senin Pon, tanggal 8 Juli 2013 pada pukul 14: 15: 54,88 WIB
2. Matahari terbenam (ghurub) pada pukul 17: 37: 20,73, WIB
3. Tinggi hilal hakiki = $0^{\circ} 17' 3,01''$

4. Tinggi hilal mar'i = $0^{\circ} 29' 24,25''$
5. Mukuts / lama hilal di atas ufuk = $0^{\circ} 1' 57,62''$
6. Azimuth Bulan = $287^{\circ} 56', 1''$
7. Azimuth Matahari = $292^{\circ} 26' 40,7''$
8. Posisi hilal $4^{\circ} 30' 26,57''$ di selatan matahari terbenam (miring ke selatan).

Karena tinggi hilal mar'i belum memenuhi kriteria 2° , jadi 1 ramadhan 1434 H diperkirakan jatuh pada hari Rabu Kliwon, 10 Juli 2013.

Lampiran 2 :

Daftar Tabel

Tabel 2.1

Daftar Umur dan Jumlah Hari Bulan-Bulan Masehi – 45

Tabel 2.2

Daftar Umur dan Jumlah Hari Bulan-Bulan Hijriyah dan Jawa – 47

Lampiran 3:

Daftar Gambar

Gambar 2.1

Satu Periode Bulan Mengelilingi Bumi – 49

Gambar 2.2

Periode Bulan Sideris Dan Sinodis – 50

Gambar 3.1

Segitiga datar ABC pada bidang lingkaran – 72

Gambar 3.2

segitiga bola yang terletak pada permukaan bola – 72

Gambar 3.3

segitiga siku-siku – 73

Gambar 3.4

Daerah kuadran pada bidang kartesius – 74

Gambar 3.5

Segitiga ABC sembarang – 77

Gambar 3.6

Segitiga dalam bola – 82

Gambar 3.7

Bola langit – 83

Gambar 3.8

Segitiga bola Dalam lingkaran besar – 85

Gambar 4.1

Sudut Waktu (T) Benda Langit Matahari (St) – 96

Gambar 4.2

Azimuth (A) Benda Langit Matahari (St) – 99

Gambar 4.3

Tinggi (H) Benda Langit Hilal (St) – 101

Gambar 4.4

Azimuth (A) Benda Langit Bulan (St) – 102

Gambar 4.5

Aplikasi Segitiga Bola Pada Bidang Datar – 104

Gambar 5.1

Benda Langit (St) – 117

Gambar 5.2

Tranformasi Segitiga KLU, st, Z menjadi Segitiga B, C, A, 72.

Lampiran 4:

Daftar Persamaan-Persamaan

Pers. 3.1

Identitas Trigonometri Dasar – 74

Pers. 3.2 – 3.4

Aturan Cosinus Pada Segitiga Datar – 77

Pers. 3.5

Aturan Sinus Pada Segitiga Datar – 78

Pers. 3.6 – 3.11

Rumus Trigonometri Penjumlahan dan Selisih Dua Sudut – 79

Pers. 3.12 – 3.16

Rumus Trigonometri Sudut Rangkap (Ganda) – 79

Pers. 3.17

Rumus Trigonometri Sudut Setengah – 79

Pers. 3.18 – 3.21

Rumus Hasil Kali Sinus dan Cosinus – 79

Pers. 3.22 – 3.27

Rumus Jumlah dan Selisih Sinus dan Cosinus – 80

Pers. 3.28 – 3.30

Aturan Cosinus Pada Segitiga Bola – 85

Pers. 3.31

Aturan Sinus Pada Segitiga Bola – 86

Pers. 4.1– 4.8

Proses Penurunan Aturan Cosinus Pada Segitiga Bola, 105 – 109

Pers. 4.9– 4.15

Penurunan Aturan Sinus Pada Segitiga Bola, 110 – 113

Pers. 5.1– 5.2

Telaah Rumus Trigonometri Dan Aplikasinya Dalam Penentuan Sudut Waktu Matahari – 102

Pers. 5.3– 5.4

Telaah Rumus Trigonometri Dan Aplikasinya Dalam Penentuan Azimuth Matahari, 123 – 124

Pers. 5.5

Rumus Trigonometri Dan Aplikasinya Dalam Penentuan Tinggi Hilal Hakiki – 126

Pers. 5.6– 5.7

Penurunan Rumus Trigonometri Dan Aplikasinya Dalam Penentuan Azimuth (Temuan Penulis), 128 – 129

Lampiran 5:

Istilah-istilah dalam Ilmu Falak

ALB (Thul al-Qamar) atau “Bujur Astronomi Bulan”, adalah busur sepanjang lingkaran ekliptika ke arah timur diukur dari titik Aries sampai bujur astronomi yang melewati bulan. Dalam ilmu falak dikenal pula dengan nama *Taqwimu Qamar* atau *Muqawwamul Qamar*.

Asensio Rekta atau Mathali’ul Baladiyah adalah busur sepanjang lingkara equator yang dihitung mulai Aries (halm) kearah timur sampai ketitik perpotongan antara lingkaran equator dengan lingkaran deklinasi yang melalui benda langit itu.

Deklinasi Matahari (*mail syams*) adalah jarak sepanjang lingkaran deklinasi dihitung dari equator sampai matahari.

Dip atau ikhtilaful ufuq adalah “kerendahan ufuk” yaitu perbedaan kedudukan antara ufuk yang sebenarnya dengan ufuk yang terlihat oleh seorang pengamat.

ELB (Thul asy-Syams) atau “Bujur Astronomi Matahari”, adalah busur sepanjang lingkaran ekliptika ke arah timur diukur dari titik Aries sampai matahari.

Greenwich adalah nama sebuah desa kecil beberapa kilometer di luar kota london. Di tempat ini terdapat observatorium tua milik kerajaan Inggris, yaitu Royal Greenwich Observatory. Berdasarkan perpepakatan internasional bahwa meridian yang melewati Greenwich ini dijadikan sebagai meridian dasar (bujur 0°). Meridian atau bujur yang berada di sebelah timur Greenwich disebut “Bujur Timur”, sedangkan Meridian atau bujur yang berada di sebelah barat Greenwich disebut “Bujur Barat”.

Hakiki atau hisab hakiki yaitu perhitungan posisi benda-benda

langit berdasarkan gerak benda-benda langit itu serta memperhatikan hal-hal yang terkait dengannya.

Ijtimak yang artinya “kumpul” atau *iqtiran* artinya “bersama”, yaitu posisi matahari dan bulan berada pada satu bujur astronomi. Dalam astronomi dikenal dengan istilah *Conjuntion* (konjungsi). Para ahli astronomi murni menggunakan ijtimak ini sebagai pergantian bulan qamariyah, sehingga ia disebut pula dengan *New Moon*.

Interpolasi atau Ta’dil Bainal Sathrain adalah cara pengambilan suatu nilai atau harga yang ada antara dua data. Cara seperti ini dikenal pula dengan “penyisipan” atau “interpolasi”.

Koreksi atau ta’dil adalah koreksi atau penyelarasan terhadap posisi suatu benda langit agar berada pada posisi yang sebenarnya.

Kulminasi atau ghayatul irtifa’ atau tinggi kulminasi adalah besarnya sudut sepanjang lingkaran meridian langit yang dihitung dari titik utara atau titik selatan sampai titik pusat suatu benda langit ketika berkulminasi atas.

Mukuts atau *Qausul Muktsi* adalah jarak atau busur sepanjang lintasan harian bulan diukur dari titik pusat bulan ketika matahari terbenam sampai titik bulan ketika ia terbenam. Mukuts ini dapat digunakan untuk mengetahui lama hilal di atas ufuk setelah matahari terbenam, yaitu *Mukuts dibagi 15*.

Nisful fudlah adalah jarak atau busur sepanjang lingkaran harian suatu benda langit dihitung dari garis tengah lintasan benda langit itu sampai ufuk.

Paralaks atau ikhtilaful mandzar artinya “beda lihat” yakni beda lihat terhadap suatu benda langit bila dilihat dari titik pusat bumi dengan dilihat dari permukaan bumi.

Refraksi atau Daqa’iqul Ikhtilaf atau “refraksi” artinya “pembiasan

sinar”, yaitu perbedaan antara tinggi suatu benda langit yang terlihat dengan tinggi benda langit itu yang sebenarnya sebagai akibat adanya pembiasan sinar.

Sabaq adalah gerak bulan atau matahari pada lintasannya selama satu jam. Sabaq Matahari dalam satu jam rata-rata $0^{\circ} 2' 30''$ sedangkan sabaq Bulan dalam satu jam rata-rata $0^{\circ} 32' 56.4''$.

Sabaq *Mu'addal* adalah gerak bulan yang sebenarnya selama satu jam, yaitu sabaq bulan dikurangi sabaq matahari.

Siklus atau daur adalah pengulangan waktu, yakni kelompok-kelompok waktu yang memiliki nilai yang sama. Satu daur kalender masehi selama 4 tahun (1461 hari), satu daur kalender hijriyah selama 30 tahun (10631 hari), dan satu daur kalender jawa islam selama 8 tahun (1 windu = 2835 hari)

Tafawut artinya “selisih”, yakni selisih antara dua data. Tafawut ini digunakan pula sebagai harga selisih hari antara umur suatu bulan dengan tanggal permulaan zodiak yang ada pada bulan itu.

Ushbu' adalah satuan ukur yang digunakan oleh para ulama hisab tempo dulu ketika memberikan keterangan tentang lebar cahaya hilal atau lebar gerhana.

Lampiran 6:

Istilah-Istilah Ilmu Falak (Data Matahari dan Data Bulan)

Berikut merupakan istilah-istilah dalam melakukan perhitungan penentuan awal bulan yang harus diketahui berkaitan dengan data astronomis, terutama berkaitan dengan data matahari dan data bulan;¹¹⁴

1. Data Matahari

- a. *Ecliptic longitude* yang berarti bujur astronomi dalam bahasa Arab disebut at-taqwim/ath-thul, yaitu jarak matahari dari titik aries al-hamal diukur sepanjang lingkaran ekliptika.
- b. *Ecliptic latitude* yang berarti lintang astronomi atau 'ardh asy-syamsi, yaitu jarak titik pusat matahari dari lingkaran ekliptika.
- c. *Apparent right ascension* atau dalam bahasaindonesia disebut asosio rekta yang berarti panjatan tegak dan dalam bahasa arab disebut dengan ash-shu'ud al-mustaqim/al-mathali' al-baladiyah, yaitu jarak matahari dari titik aries diukur sepanjang lingkaran equator.
- d. *Apparent declination* atau disebut juga dengan deklinasi dan dalam bahasa arab dikenal dengan sebutan mail asy-syamsi, yaitu jarak matahari dari equator, yaitu berkisar antara tanggal 21 maret, 22 juni, dan 23 september. Deklinasi¹¹⁵ negatif (-) ketika matahari di selatan equator antara tanggal 23 september, 22 desember, dan 21 maret.
- e. Semi diameter atau setengah jari-jari dan dalam bahasa arab

114 A. Jamil, *Ilmu Falak (Teori & Aplikasi) Arah Qiblat, Awal Waktu, dan Awal Tahun (Hisab Kontemporer)*, (Jakarta: Amzah, 2009), hlm. 131 dan baca juga Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah Ditjen Bimas Islam, *Ephemeris Hisab dan rukyat*, (Jakarta: departemen Agama RI, 2013), hlm. 1-4

115 baca juga Encup Supriatna, *Hisab Rukyat & Aplikasinya*, (Bandung: PT. Refika Aditama, 2007), hlm. xii

disebut dengan nishfu qatr asy-syams, yaitu jarak titik pusat matahari dengan piringan bagian luarnya.

- f. *Equation of time* dalam bahasa Indonesia disebut dengan perata waktu, dalam bahasa arab disebut dengan *Ta'dilul Waqti* atau *Ta'diluz Zaman*,¹¹⁶ yaitu selisih antara waktu kulminasi hakiki dengan waktu kulminasi rata-rata.

2. Data Bulan

- a. *Apparent longitude* yang berarti bujur astronomi dalam bahasa Arab disebut at-taqwim/ath-thul, yaitu jarak bulan dari titik aries al-hamal diukur sepanjang lingkaran ekliptika.
- b. *Apparent latitude* yang berarti lintang astronomi atau 'ardh al-qamari, yaitu jarak antara bulan dengan lingkaran ekliptika diukur sepanjang lingkaran kutub ekliptika.
- c. *Apparent right ascension* atau dalam bahasa indonesia disebut asosio rekta yang berarti panjatan tegak dan dalam bahasa arab disebut dengan ash-shu'ud al-mustaqim/al-mathali' al-baladiyah, yaitu jarak titik pusat bulan dari titik aries diukur sepanjang lingkaran equator.
- d. *Apparent declination* atau sering disingkat dengan deklinasi dan dalam bahasa arabnya disebut dengan mail al-qamari, yaitu jarak bulan dari equator.
- e. *Horizontal parallax* yang berarti beda lihat dan dalam bahasa arab disebut ikhtilaf al-manzhur, yaitu besaran sudut dari titik pusat bulan ketika di ufuk ke titik pusat bumi dan dari titik pusat bulan pada saat yang sama ke permukaan bumi.
- f. Semi diameter sama dengan seperdua jari-jari atau dalam bahasa arab nishfu qatr al-qamari, yaitu jarak titik pusat bulan dengan

¹¹⁶ Baca Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik Perhitungan arak kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), hlm. 67 dan baca juga Encup Supriatna, *Hisab Rukyat & Aplikasinya*, (Bandung: PT. Refika Aditama, 2007), hlm. xii

piringan bagian luarnya.

- g. *Angle bright limb* yang berarti sudut kemiringan hilal, yaitu sudut kemiringan piringan hilal yang memancarkan sinar yang dipengaruhi oleh arah posisi hilal dari matahari diukur dari titik pusat hilal ke zenith dan dari titik pusat hilal ke matahari.

Fraction illumination adalah luas piringan bulan yang menerima sinar matahari yang tampak dari bumi. Pada saat bulan purnama *fraction illumination* sama dengan 0 (nol). Ketika *Fraction illumination* bulan paling kecil pada saat itu terjadi ijtima' antara matahari dan bulan di mana posisi matahari dan bulan berada dalam posisi sejajar pada orbitnya masing-masing.¹¹⁷

¹¹⁷ A. Jamil, *Ilmu Falak (Teori & Aplikasi) Arah Qiblat, Awal Waktu, dan Awal Tahun (Hisab Kontemporer)*, (Jakarta: Amzah, 2009), hlm. 132

Tentang Penulis



Lutfi Adnan Mz, S. Pd. Lahir pada hari Selasa Legi tanggal 12 Februari 1991 M, bertepatan tanggal 27 Rajab 1411 H di dukuh Spait kecamatan Siwalan kabupaten Pekalongan kota santri yang terkenal dengan sebutan kota batik juga. Penulis adalah putera pertama dari 4 bersaudara buah cinta dari pasangan Bapak Tarjuki dan Ibu Fauziyah.

Pendidikan penulis dimulai dari Taman Kanak-kanak RA Muslimat Masyitoh 07 Jenggot Pekalongan, 1997. Kemudian menimba ilmu di Madrasah Ibtidaiyah Salafiyah 02 jenggot Pekalongan lulus 2003. Dilanjutkan sekolah sekaligus nyantri di Ponpes Modern Al-SMP Islah, Kraton, kota Pekalongan, 2003 – 2005. Kemudian, ketika penulis duduk di bangku kelas 3, pindah Madrasah Tsanawiyah Nahdlatul Ulama, Tirta, Pekalongan dan mendapat peringkat juara 1 kategori Ujian Madrasah lulus 2006. Penulis melanjutkan menimba ilmu agama di Ponpes At-Takhosush, Islamic Boarding School Sim-

bang Kulon Pekalongan sambil belajar di Madrasah Aliyah Salafiyah (MAK) Simbang Kulon Pekalongan dan mendapatkan juara 1 kategori ujian Lokal lulus tahun 2009. Adapun pendidikan S.1, penulis memilih untuk mengambil prodi Matematika UIN Walisongo Semarang lulus 2013 dengan status Cumlaude (IPK 3,85), sambil nyantri dan ngabdi kepada Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M. Ag. Pondok Pesantren Life Skill Daarun Najaah Jl. Bukit Beringin Lestari Blok C RT 10 RW 14 Wonosari Ngaliyan Semarang.

Penulis mulai mengenal dan belajar ilmu Falak kepada almaghfurlah almarhum KH. Nasri Daimun Simbang Kulon Pekalongan, ketika nyantri di Ponpes At-Takhosush yang diasuh oleh KH. Drs. Muslih Khudlori, MSI. Penulis mulai aktif mengikuti seminar-seminar terkait penentuan awal bulan Qamariyah, diantaranya pada tahun 2008, penulis didampingi gurunya KH. Muhammad Nurul Haq, Lc. menyikuti seminar Falak di STAIN Pekalongan. Sehingga pada awal tahun 2009 penulis ditunjuk langsung oleh sang kyai almaghfurlah almarhum KH. Nasri Daimun supaya menjadi ketua Hisab Ponpes At-Takhosush. Dan ketika itu, penulis bersama dengan anggotanya melakukan perhitungan hisab penentuan awal bulan Ramadhan, Syawal, dan 10 Dzulhijjah 1430 H dan hasil perhitungannya disebar dan diketahui oleh para Ulama dan madrasah/sekolah baik di pekalongan maupun kota lainnya.

Ditambah ketika penulis nyantri kepada Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M. Ag dari 2009 hingga sekarang. Berbagai pelatihan atau seminar Falak pernah penulis dapatkan. Atas Nasehat sang guru KH. Dr. Ahmad Izzuddin, M. Ag, mulai tahun 2014 penulis termasuk anggota Tim Hisab Rukyat Menara Al-Husna Masjid Agung Jawa Tengah dan anggota Pengurus Markaz Falakiyah Indonesia Ponpes Life Skill Daarun Najaah Semarang.

Penulis yang berdomisili asal desa Losari Lor RT 04 RW 01 Brebes Jawa tengah ini memiliki segudang pengalaman baik di dunia kerja, organisasi maupun prestasi akademik selama studi. Pada

tanggal 5 Juli 2013, penulis dipercaya oleh Dr. KH. Ahmad izzuddin, M.Ag untuk berkarya sebagai Pegawai Lembaga Pengkajian Pangan, Obat-obatan dan Kosmetika Majelis Ulama Indonesia (LPPOM MUI) Provinsi Jawa Tengah. Penulis juga berkarya sebagai Guru Privat Matematika. Penulis yang akrab dipanggil Lutfi juga meluangkan waktunya agar tetap bisa mengamalkan ilmunya melalui TPQ At-Tau-bah Beringin Lestari Ngaliyan Semarang mulai dari 2009 dibawah asuhan Dr. KH. Ahmad izzuddin, M.Ag.

Dalam dunia kerja, penulis sudah mulai dikenalkan dengan dunia usaha oleh orang tuanya sejak kelas 3 Madrasah Ibtidaiyah. Itu semua sebagai wahana proses pendidikan yang diterapkan orang tuanya supaya penulis menjadi orang yang bekerja keras, disiplin dan bertanggungjawab. Kelas 3 MI, penulis pernah jualan Roti sambil jalan kaki mengelilingi pedesaan di wilayah Pekalongan. Kelas 5 MI, penulis pernah bekerja sebagai pengrajin batik. Dilanjutkan menjadi bekerja di pabrik kerupuk. Hingga akhirnya pada saat tahun kelulusan kelas 6 MI (2003) penulis melanjutkan belajar di pondok pesantren SMP Al-Islah Kraton Pekalongan.

Selama penulis mengenyam pendidikan SMP sekaligus nyantri kepada Bapak yai Shohibul Imdad pondok pesantren modern SMP Al-Islah Kraton Pekalongan, beribu pengalaman penulis dapatkan. Praktik kerajinan sablon, praktik wirausaha pembuatan telur asin, pembuatan kompos dalam pembelajaran biologi, khitobah setiap pekan baik menggunakan bahasa arab maupun inggris. Seni bela diri dari perguruan “Kera Putih” pun penulis dapatkan di pondok pesantren modern tersebut.

Ketika penulis keluar dari pondok pesantren modern SMP Al-Islah Kraton Pekalongan dan melanjutkan kelas 3 di MTs Nu Tirto Pekalongan, penulis sempat mengajar di Taman Pendidikan Alquran Assalam dukuh Spait Siwalan pekalongan di bawah binaan Ust. Heruddin, S. Ag. Tidak jarang penulis ditunjuk sebagai ketua panitia di berbagai kegiatan PHBI warga setempat. Wajar saja jika hal itu dapat

menjadikan penulis ingin melanjutkan pendidikan di tingkat yang lebih tinggi lagi. Penulis telah resmi menjadi mahasiswa matematika UIN Walisongo Semarang. Jiwa wirausaha yang telah ditanamkan sejak kecil kembali muncul. Beranjak ke semester 3 (2010), penulis memulai bisnis batik.

Penulis yang dikenal seorang humoris ini, pada semester 5 (2011) mulai membuka usaha bisnis pulsa all operator hingga sekarang. Dilanjutkan pada tahun 2013 ketika penulis resmi bergelar sarjana pendidikan matematika setelah diwisuda pada 21 Agustus 2013, penulis dibantu oleh teman sepondok pesantren Life Skill Daarun Najaah, mas Hendri, S.H.I., M.S.I. memulai usaha produksi tempe.

Itulah pengalaman penulis dalam dunia bisnis. Mungkin pepatah ini benar, “Buah jatuh tak jauh dari pohonnya”. Penulis terlihat suka dapat dunia bisnis. Mungkin saja karena sang ayah pun seorang pembisnis. Semoga penulis beserta keluarga selalu diridhoi dan bahagia dunia akhirat.

Dalam dunia organisasi, penulis tergolong aktif sejak duduk di bangku SMP, sering kali penulis menjadi ketua dalam tiap event yang di adakan. Penulis pernah membawa group Pramuka SMP Al-Islah meraih juara 3 Lomba Wide Game Pramuka sekecamatan Kraton Pekalongan. Di bangku Madrasah Aliyah Salafiyah Simbang Kulon Pekalongan. Terbukti banyak jabatan yang penulis pegang, di antaranya adalah; pada tahun 2008, sebagai Reporter Majalah Atsar MA Salafiyah Simbang Kulon yang bekerja sesuai dengan etika kerja disiplin, cekatan, dan tanggngjawab sehingga berhasil mengumpulkan data sebagai berita majalah berkualitas. Dan, sebagai Koordinator Departemen Keagamaan OSIS MA Salafiyah Simbang Kulon yang mengkoordinir setiap acara perayaan tiap hari-hari besar Islam. Penulis bersama dengan groupnya pernah mendapatkan juara 1 group Rebana sesekolah MAS Simbang Kulon, 2009.

Tahun 2009, penulis yang dibantu teamnya mengkoordinir dalam kegiatan Bahtsul Masail Islamic Boarding School At-Takhos-

hush Simbang Kulon Pekalongan, dalam membahas problem tertentu melalui musyawarah dengan beberapa referensi kitab kuning diperoleh jawaban yang sesuai dengan syariat Islam dengan mempertimbangkan kemaslahatan umat. Dan pada akhir tahun 2009 ketika penulis duduk di bangku kelas 3 Aliyah, sesuai arahan guru KH. Nasri Daimun al-Simbani penulis menjadi ketua Hisab dalam Latihan Penentuan Awal Bulan Qamariyah 1430 H Islamic Boarding School At-Takhashush Simbang Kulon Pekalongan, yang bekerja sama dengan team anggotanya dalam menghitung dan menentukan awal bulan qamariyah 1430 H dengan metode Hisab kitab Fathurrouf al-Manan dan hasil perhitungannya disebarluas ke seluruh sekolah dan para alim ulama di berbagai kota di wilayah Jawa Tengah.

Penulis melanjutkan studi di UIN Walisongo Semarang dan menjabat sebagai Comting Kelas Tadris Matematika UIN Walisongo Semarang periode 2009-2013. Selama menjadi mahasiswa, penulis pun menjabat sebagai pengurus Himpunan Mahasiswa Jurusan (HMJ) Jurusan Tadris Fakultas Tarbiyah UIN WALISONGO Semarang DIVISI Research dan Pengembangan periode 2010-2011. Nyantri di pondok pesantren *Life Skill Darun Najah* Beringin Ngaliyan Semarang, penulis ditunjuk menjadi wakil Lurah mulai tahun ajaran 2014/2015.

Adapun prestasi akademik yang pernah penulis dapatkan adalah sebagai berikut; sebagai wisudawan sarjana pendidikan matematika berprestasi peringkat kedua Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Walisongo Semarang dengan IPK 3,85 (Cumlaude) 2013. Siswa Berprestasi Bidang Akademik (Ujian Lokal) Pada Ujian Nasional MAS Simbangkulon Buaran Pekalongan, 2009. Juara I Pidato Bahasa Inggris Tingkat MA Salafiyah Simbang Kulon, 2008. Juara II Pidato Bahasa Arab MA Salafiyah Simbang Kulon, 2008. Juara I Grup Musik Rebana MA Salafiyah Simbang Kulon, 2009. Juara I Adzan Kegiatan HUT. RI. Ke-59 SMP Al-Islah Pekalongan, 2004. Juara III Tenis Meja Kegiatan HUT. RI. Ke-59 SMP Al-Islah Pekalongan, 2004. Juara III

Group lomba Pencari Jejak (*Wide Game*) Tingkat SMP dalam rangka peringatan hari pramuka tingkat Kec. Kraton Kota Pekalongan Utara, 2005. Peserta Lomba Pidato Bahasa Jawa IAIN Walisongo Semarang, 2011. Juara Harapan 1 Lomba Artikel BEMF IAIN Walisongo Semarang, 2012. Peserta Lomba KIR Tingkat SMP Kecamatan Pekalongan Utara, 2005. Peserta Lomba Olimpiade MIPA Kategori Mapel Fisika Tingkat SMP Kec. Pekalongan Utara, 2005. Peserta Lomba Olimpiade MIPA Kategori Mapel Matematika Tingkat SMP Kec. Tirto Kab. Pekalongan, 2006. Peserta dalam kegiatan Perkemahan MI Kecamatan Pekalongan Selatan, 2002 dalam rangka HUT Gerakan Pramuka ke 41 di Desa Kertoharjo Kecamatan Pekalongan Selatan Kota Pekalongan tanggal 12 sampai dengan 14 Agustus 2002. Peserta dalam kegiatan Sarasehan Jurnalistik Ramadan, 2011 “Membudayakan Santri Menuhis” di Masjid Agung Jawa Tengah (MAJT) Semarang, 5 Agustus 2011. Peserta dalam kegiatan Bimbingan Teknis tentang Proses Pembuatan Video, Pemanfaatan Alat Peraga serta Pemanfaatan Software dan Internet dalam Pembelajaran Matematika di PPPPTK Yogyakarta, 13 Februari 2012. Peserta Pendidikan Sikap Keberagamaan Dalam Memperkokoh Semangat Kebangsaan Menuju Masyarakat Sejahtera yang diselenggarakan oleh Universitas Wahid Hasyim (UNWAHAS) Semarang di Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan (LPMP) Jawa Tengah, 19-21 Maret 2008. Peserta pada kegiatan Seminar imsakiah Ramadhan 1429 H/ 2008 M yang diselenggarakan oleh Program Studi Ahwal Syakhshiyyah Jurusan syariah STAIN Pekalongan, 16 Agustus 2008 di STAIN Pekalongan.

Penulis pun sedikit banyak menelurkan karya tulisannya yang beberapa media massa memuatnya. Adapaun beberapa tulisan yang telah termuat adalah sebagai berikut: Harian Suara Merdeka : “Tak Ada Topi, Sepatu pun Jadi”, 14 Maret 2010. Harian Republika : “Belajar Politik Lewat Pemilu Osis”, 28 Maret 2014. “KJP (Krtu Jakarta Pintar) Bukan Kartu Kredit”, 11 April 2014. “*Checks and Balances* dalam Berkoalisi”, 25 April 2014. “Perlindungan Ketat serta

Hukuman Berat”, 2 Mei 2014. “Jokowi Tetap Bisa Arahkan Kebijakan”, 23 Mei 2014. *Harian Wawasan* : “Diplomasi yang berwibawa”, 21 September 2010. *Harian Semarang* ; “Talk Less Do More”, 14 Juli 2011. “Mengaji Kitab dan Kehidupan”, 23 Juni 2011. “Menyambut Sekolah Ramadan”, 28 Juli 2011. “Hanya Kesalahpahaman (dalam penentuan awal bulan)”, 4 Agustus 2011. “Penerus Bangsa Pecundang”, 9 Juni 2011. “Mahasiswa Super Bukan Kuper”, 13 Oktober 2011. “Kontribusi Mahasiswa IAIN pada Hari Idul Adha”, 10 November 2011. “Tarjuki Sukses, Setelah Menderita”, 1 September 2011. Beberapa artikel penulis sering dimuat di *Majalah Atsar Madrasah Aliyah Salafiyah Simbang Kulon Pekalongan*. *Harian Media Indonesia* : “Lakukan Pengawasan dan Perlindungan Ganda (dari Predator Kelamin)”, 12 Mei 2014. *Majalah Perkawinan & Keluarga BP4 Pusat* : “Anak Sholeh Buah Hasil Kasih Sayang Orang Tua”, Edisi Mei 2014. Dan masih banyak karya/artikel yang belum dipublikasikan.

Dan, masih banyak karya/artikel yang belum dipublikasikan. *If you need me, you can call me to Phone/ WA: 089668678620, facebook: lutfiadnan74@yahoo.co.id., twitter: @lutfiadnanmz1 or e-mail: lutfiadnanmz1@gmail.com.*

